

EXPLOTACIÓN DE **LITIO** EN BOLIVIA

UN FUTURO QUE NO LLEGA

ÍNDICE

1. ANTECEDENTES	4
2. DESCRIPCIÓN DEL CONTEXTO REGIONAL SUDAMERICANO	10
3. ANÁLISIS DEL DESARROLLO DEL PROYECTO DEL LITIO EN BOLIVIA	21
4. PRINCIPALES DEBILIDADES EN EL DESARROLLO DEL PROYECTO DEL LITIO	44
5. PREOCUPACIONES Y POSICIONES DE LOS PRINCIPALES ACTORES EN EL DEBATE ACTUAL DE LA EXPLOTACIÓN DEL LITIO	48
6. ANÁLISIS DE LOS CONTRATOS PARA LA EXPLOTACIÓN DEL LITIO	51
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	53
8. BIBLIOGRAFÍA	55

Director Ejecutivo:
Juan Carlos Núñez V.

Coordinador Área de Investigación:
Waldo Gómez R.

Elaboración:
Héctor Córdova E.

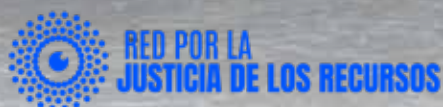
Supervisión:
Raúl Velásquez G.

Edición:
Jorge Jiménez J.

Dirección:
Calle Quintín Barrios N° 768 Sopocachi
La Paz - Bolivia
Telf: (591-2) 2125177 – 2154641

Correo electrónico:
fundajub@jubileobolivia.org.bo
2025

Con apoyo de:



PRESENTACIÓN

El litio se encuentra en abundancia en los salares bolivianos y en otros países que conforman el triángulo del litio. Bolivia había diseñado una política y una estrategia para sacar el mayor provecho de su explotación; pero fracasó en su intento y ahora busca recuperar terreno rompiendo esas determinaciones y aliándose con empresas extranjeras desde la extracción de la salmuera de los salares.

En este documento se analizan los antecedentes que configuran el contexto actual, los avances en Argentina, Chile y Bolivia. Luego se estudia el derrotero del proyecto boliviano, se identifican las debilidades encontradas desde diferentes puntos de vista; se detallan las posiciones de los diferentes actores involucrados en el proyecto y se proponen varias políticas públicas para impulsar el proyecto, y se termina formulando recomendaciones para varios actores, con el fin de conseguir los mejores resultados para el país, a partir de la explotación de este recurso no renovable.

Este documento tiene el propósito de promover que las autoridades tomen decisiones responsables y concertadas, velando por el desarrollo del país. También pretende que los dirigentes regionales y otros sectores sociales tengan adecuada información; pero también capacidades para la representación y negociación, más aún en un contexto actual de crisis. Los bienes y recursos del país deben ser para compartir en los momentos de bonanza, pero también en los momentos de crisis, anteponiendo el bien común.



1

ANTECEDENTES

EL LITIO ES UN METAL ESTRATÉGICO PARA EL MUNDO INDUSTRIAL E INDUSTRIALIZADO. HASTA HACE UNOS AÑOS, TAMBIÉN ERA CALIFICADO COMO CRÍTICO. ESTE CARÁCTER LO PERDIÓ POR LA ABUNDANCIA DE DEPÓSITOS DE PRIMER NIVEL DESCUBIERTOS EN TODA LA SUPERFICIE DEL PLANETA, CON LO QUE LA CADENA DE SUMINISTRO DE ESTE ELEMENTO DEJÓ DE SER RIESGOSA.

POR LA NECESIDAD DE ALMACENAR LA ENERGÍA RENOVABLE GENERADA INTERMITENTEMENTE, LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA CONVIERTE AL LITIO EN ELEMENTO ESTRATÉGICO; AUNQUE ESTE CARÁCTER PUEDE PERDERLO EN LA MEDIDA EN QUE SE DESARROLLEN SUSTITUTOS.



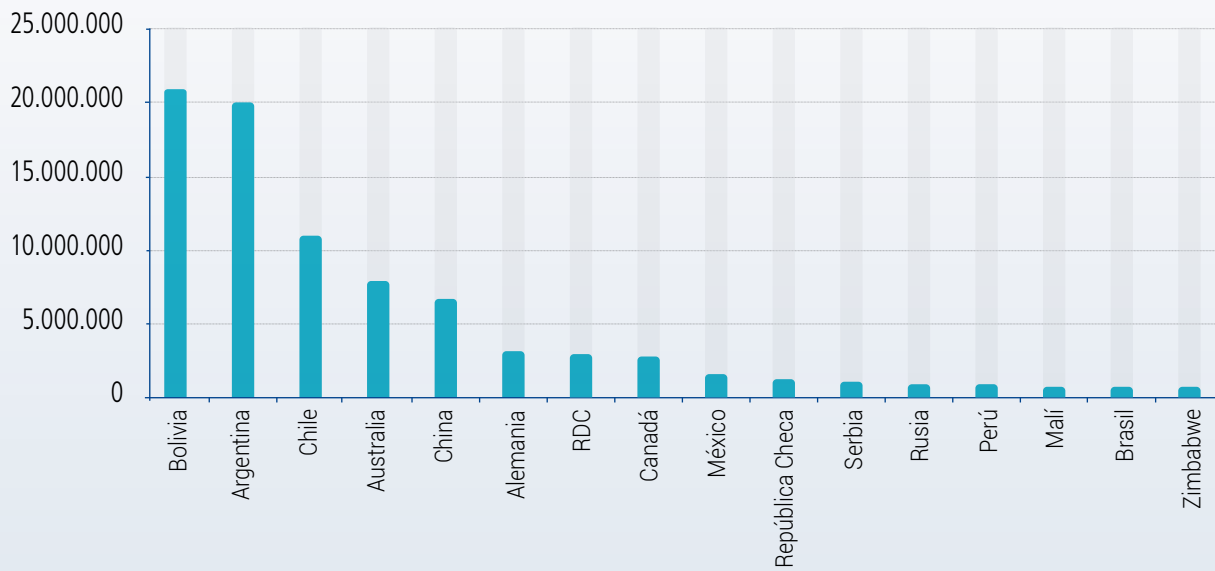
Normalmente, cuando la cotización de una materia prima empieza a subir vertiginosamente y su cadena de suministro empieza en un país poco desarrollado, surgen sustitutos como resultado de investigaciones promovidas y llevadas a cabo por países industrializados. El litio sorprendió el año 2022 con un desenfadado incremento de su cotización, partiendo de 10.000 dólares por tonelada métrica de carbonato de litio (Li_2CO_3), llegó a rozar los 90.000 \$us/TM de Li_2CO_3 al terminar ese mismo año. Como era de esperar, esto despertó la inquietud en muchas universidades y centros de investigación que se pusieron a buscar sustitutos y, si bien los hallaron, el litio reaccionó más rápido; en cuestión de meses, volvió a bajar su precio a 10.000 \$us/TM de Li_2CO_3 habituales. Los sustitutos encontrados no pueden competir, todavía, con la calidad del litio y con un costo tan bajo. Pero la amenaza está latente.

El litio está presente en tres tipos de yacimientos en la tierra, de roca, de arcillas y salmueras. La extracción del litio a partir de roca es más cara que la de salmueras y la explotación de litio a partir de arcillas está en un proceso de desarrollo avanzado.

La orientación mundial a sustituir las energías fósiles por otras renovables y menos contaminantes ha incrementado la demanda de varios materiales, por ser insumos esenciales de las generadoras o almacenamiento de esas energías no convencionales, como la eólica o solar, por ejemplo.

Las potencias industriales, estudiando las cadenas de suministro y la importancia económica del aporte de

Ilustración 1. Recursos de litio en el mundo (En toneladas)



Fuente: (USGS, 2024).

esos materiales, los han clasificado como estratégicos y, en algunos casos, se les añadió el carácter de críticos, ya sea por el riesgo de aprovisionamiento, dificultad de reciclaje, limitaciones para su sustitución o por su creciente influencia en la transición energética o la electromovilidad.

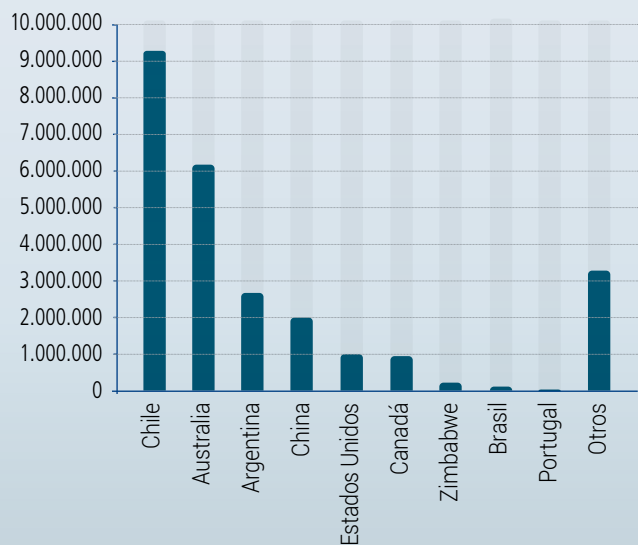
El litio ha sido clasificado en todos los casos como estratégico, debido a que la producción de casi todas las energías renovables no convencionales es intermitente, lo que exige que haya una etapa de almacenamiento para luego entregarla de manera continua a los usuarios.

Las investigaciones han dado con varias opciones de baterías y muchas han sido comercializadas en el mundo, hasta que llegaron a las de litio. La producción de estas ha pasado por varias etapas hasta llegar a la casi perfección actual; las baterías de litio superan a todas las otras por peso, densidad energética, número de recargas, velocidad de recarga y uniformidad de descarga.

A partir de la consolidación de estas baterías comenzó la búsqueda de depósitos de este metal. El litio no existe en el estado metálico en la naturaleza por su extraordinaria capacidad de reaccionar con cualquier elemento. Hay tres clases de depósitos, los ubicados en roca, en arcilla y en salmuera. Recientemente se ha definido una técnica para extraer el litio de las arcillas y, por el momento, el litio que se comercia y usa proviene de yacimientos de roca y de salmueras.

El país con más recursos verificados es Bolivia, muy cerca está Argentina y, para completar el triángulo del litio latinoamericano, Chile es el siguiente. Los recursos bolivianos corresponden solo al salar de Uyuni; pero hay

Ilustración 2. Reservas mundiales de litio (En toneladas)



Fuente: (Gobierno de Canadá). Recursos naturales de Canadá. 2024.

más de diez depósitos que contienen litio. El año 2023, el Gobierno anunció la confirmación de la existencia de 2 millones de toneladas más en otro salar.

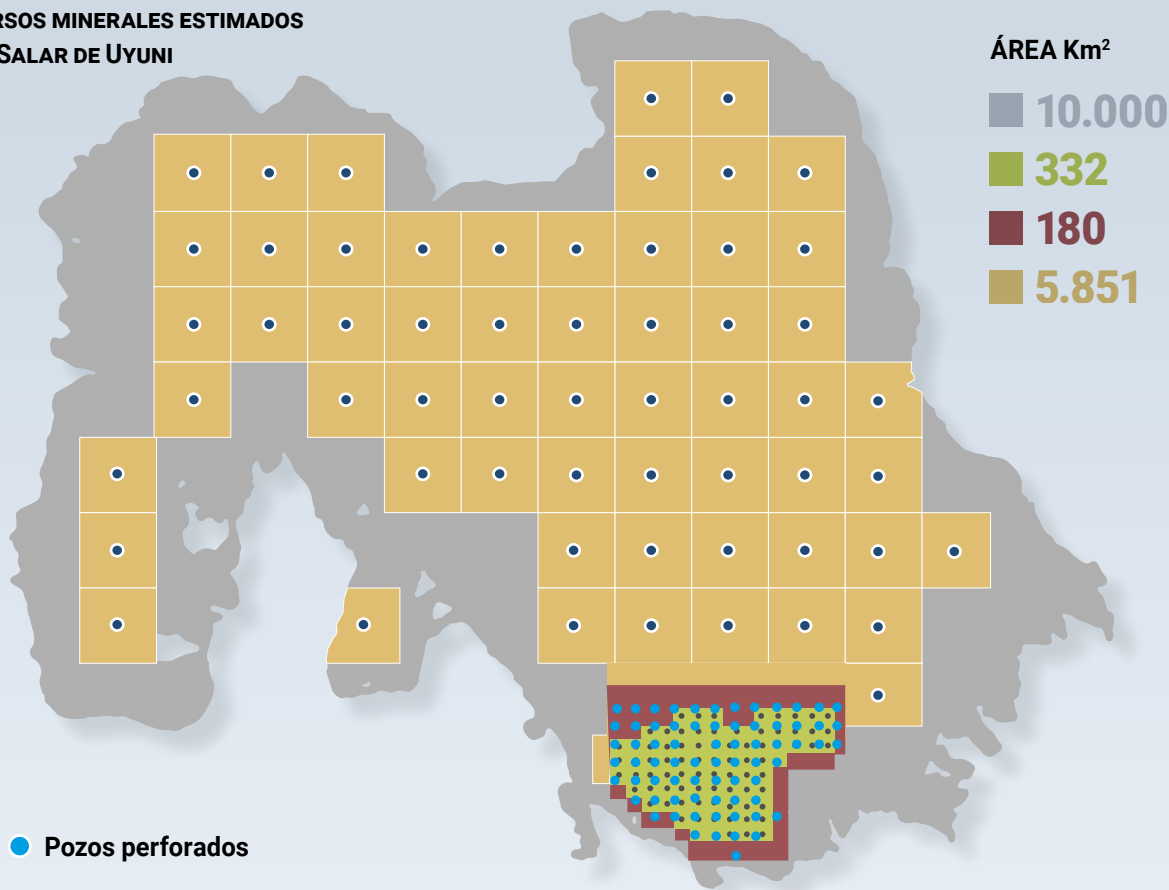
Sin embargo, en cuanto a reservas, el panorama es distinto:

Bolivia no figura en la lista de países con reservas, Chile es el país que más reservas tiene y Argentina aparece con una cantidad mucho menor que sus recursos. ¿Y por qué los ingentes recursos que tiene Bolivia no son considerados como reservas?

Los estudios que realizó la YLB con una consultora internacional se resumen en la ilustración 3.

Ilustración 3. Resultados exploración 2018

**RECURSOS MINERALES ESTIMADOS
EN EL SALAR DE UYUNI**



● Pozos perforados

RECURSOS MINERALES DE LITIO	Categoría del Recurso Mineral	LITIO (toneladas)
	Medido	1.352.624
Indicado	642.574	
M+Ind	2.002.690	
Inferido	19.086.459	

RECURSOS MINERALES DE POTASIO	Categoría del Recurso Mineral	POTASIO (toneladas)
	Medido	21.046.426
Indicado	9.698.381	
M+Ind	30.744.807	
Inferido	342.078.213	

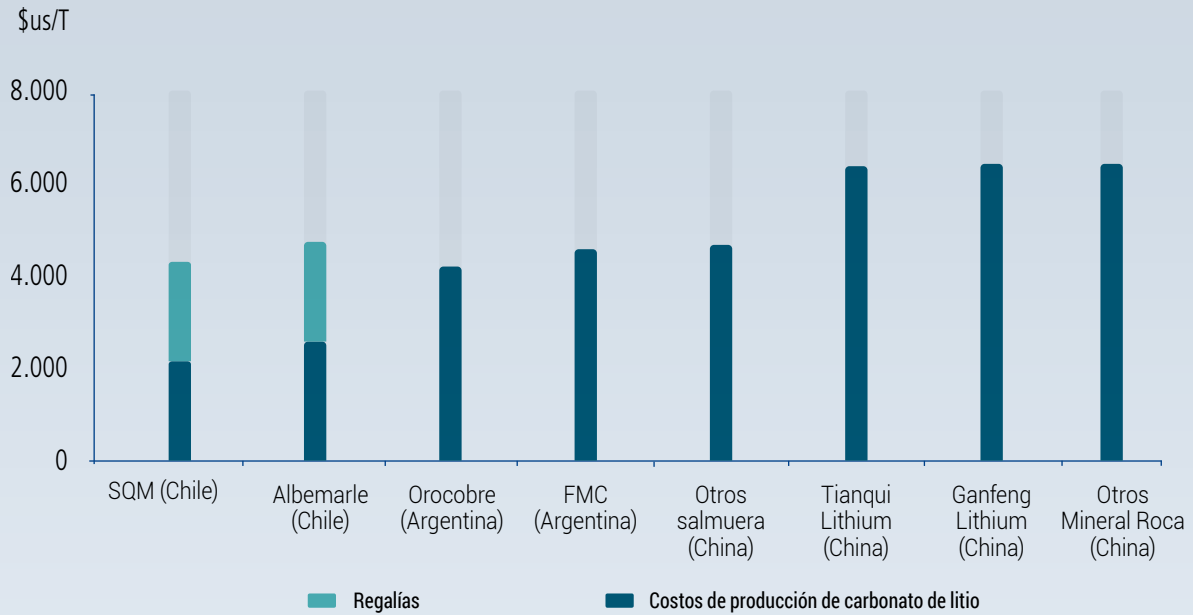
Fuente: Memoria YLB, 2019.

Se observa que en la zona de la desembocadura del Río Grande, al sur del Salar de Uyuni, la cantidad de pozos perforados en la exploración es mucho más intensa que en el resto; por eso, la seguridad de la información es mayor en esa zona y los recursos son calificados como medidos e indicados; mientras que en la zona de perforación más dispersa se los denomina inferidos.

Esta calidad de información es uno de los factores que no permiten clasificar esos recursos como reservas, el otro es que no se tiene certeza de que exista un método para extraer el litio de manera rentable, respetando el medioambiente y la cultura local. El Servicio de Geología de Estados Unidos, a partir de observaciones satelitales, reconoce la existencia de 21 millones de toneladas de litio en Bolivia; pero mantiene su categorización como recursos.

“A la hora de considerar las reservas minerales, es decir, la porción de los recursos identificados que puede extraerse de manera económica con la tecnología disponible, el panorama cambia considerablemente para algunos países de la región. Esto se explica por el hecho de que para el cálculo de reservas se tienen en cuenta muchos aspectos relacionados con factores económicos, las condiciones del mercado y el financiamiento, así como con la ingeniería y el método de extracción a utilizar, y las condiciones legales, ambientales y sociales. Es decir que se toman en consideración factores que condicionan la factibilidad de aprovechar el recurso, más allá del conocimiento geológico que se tiene sobre el depósito” (CEPAL, 2023).

Ilustración 4. Costos de obtención del carbonato de litio (En dólares por tonelada)



Fuente: Elaborado por Cochilco con base en Nemaska.
La regalía está calculada para un precio referencial de \$us 12.000/t del carbonato de litio.

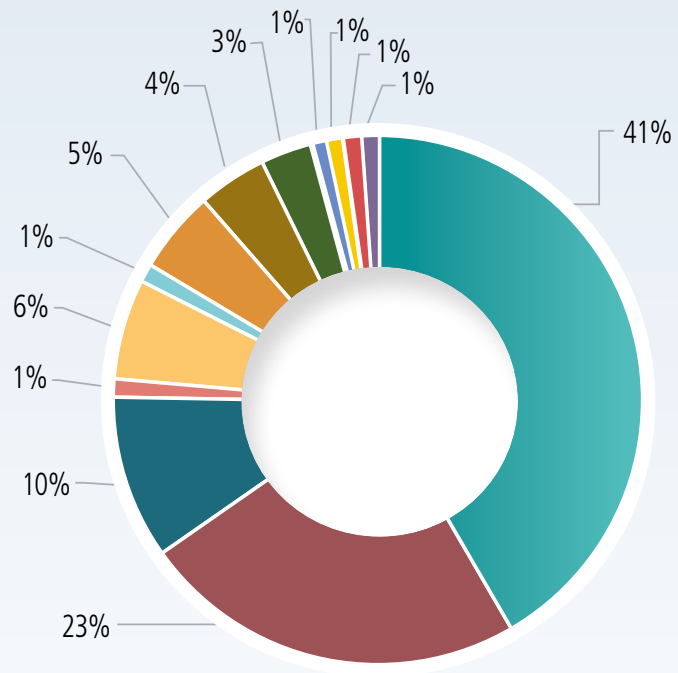
“Cabe precisar que una parte importante de las salmueras en Bolivia presentan una alta concentración de magnesio, lo que hace difícil la obtención de carbonato de litio de forma económicamente factible, razón por la cual el USGS no los clasifica como reservas” (Jorratt, 2022).

El factor económico es determinante en cualquier operación extractiva y, por tanto, el litio no está al margen de esa condición. En Chile se ha hecho un estudio comparativo de los costos operativos de varias operaciones de extracción del litio, la ilustración 4 proporciona una idea clara de lo crucial que es ese aspecto.

El costo unitario de la tonelada de carbonato de litio varía de un país a otro en función de las características del yacimiento, la tecnología empleada y la eficiencia de costos de las empresas. En el caso de Chile, por ejemplo, las dos empresas SQM y Albemarle obtienen la tonelada de carbonato de litio con aproximadamente 2.000 dólares (sin regalías); en Argentina este costo puede ser el doble y en China el triple debido a que en este último caso el carbonato es obtenido de mineral de roca.

En el caso de Bolivia, no existe información clara que permita conocer el valor exacto, aunque se estima que podría acercarse a los 5.000 dólares la tonelada.

Ilustración 5. Consumidores de carbonato de litio en el mundo



Fuente: (SME, 2019) Mineral Processing Handbook. Chap 12.

Consumidores de Li₂CO₃

- China
- Turquía
- Bélgica
- Reino Unido
- Corea del sur
- EEUU
- Rusia
- Italia
- Japón
- India
- Alemania
- Francia
- Países Bajos

Ilustración 6. Cotizaciones internacionales del carbonato de litio en yuanes



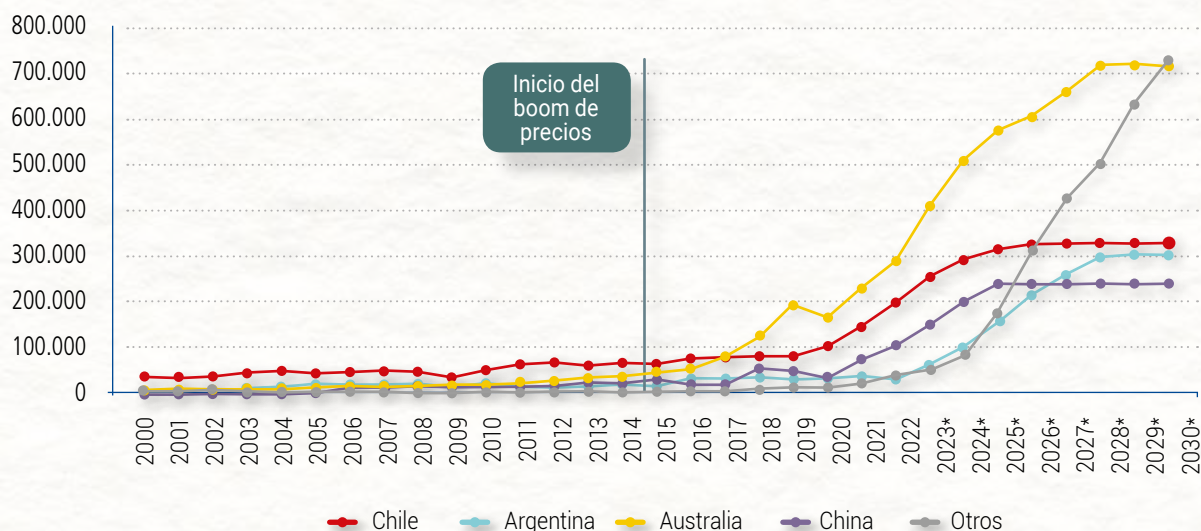
Fuente: Trading Economics, <https://es.tradingeconomics.com/commodity/lithium> (Trading Economics, 2024).

“Los precios del carbonato de litio se mantuvieron estables desde que tocaron el mínimo de más de tres años de CNY 71.500 por tonelada, a finales de octubre (2024), ya que el exceso de capacidad para baterías de vehículos eléctricos en China llevó a los productores a reducir los precios de oferta para insumos a lo largo de la cadena de suministro. Los subsidios del gobierno chino desencadenaron una gran ola de exceso de oferta de baterías para vehículos eléctricos y llevaron a los precios del carbonato a caer un 23% este año después de una caída de 80% en 2023. A pesar del exceso, los actores del mercado esperan que la oferta global aumente casi un 50% este año, ya que la esperanza de eventual equilibrio impulsó a los productores a buscar nuevos proyectos. Chile indicó que duplicaría su producción en la próxima década, y la carrera por asegurar metales para baterías llevó a China a expandir proyectos en África.

Además, Río Tinto apuntó a entrar en el mercado del litio comprando a Arcadium Lithium, con sede en Estados Unidos, por \$ 6,7 mil millones. Sumando a la presión bajista, la UE impuso aranceles contra los fabricantes chinos de vehículos eléctricos que van de 36,3% a 17%” (Trading Economics, 2024).

La extraordinaria subida de la cotización en el año 2022 modificó los objetivos del proyecto boliviano. Las baterías quedaron a un lado y se apuntó a producir sólo carbonato de litio; la tendencia muestra que la tonelada de carbonato costará alrededor de 10.000 dólares TM en el futuro próximo. Esta cotización, baja, puede comprometer el futuro de los proyectos bolivianos, particularmente con la empresa rusa que proyectaba ingresos de 415 millones de dólares para una producción de 14.000 toneladas y se reducirán a 140 millones, la tercera parte.

Ilustración 7. Producción y proyección de carbonato de litio equivalente (En toneladas)



Fuente: Pivotes. Paradoja del litio en Chile (agosto 2023) citando a Ilimarkets.
* Datos proyectados de producción.

La oferta de carbonato de litio creció al impulso de lo ocurrido el 2022; pero Chile, China y Argentina, en una proyección futura, tienen un tope relativamente bajo, no así Australia que puede crecer hasta triplicar su producción actual.

En los últimos años han ingresado al mercado nuevos actores, como ejemplo, el 2020 había 10 operaciones explotando litio en el mundo, pero para el 2021 ya había 149 y el 2022 alcanzaron a 300. China es, sin duda, el principal actor, en Argentina posee al menos 11 de los 48 proyectos existentes, la empresa Ganfeng tiene el depósito mexicano de Sonora y la empresa Tianqi cuenta con 25,86% del paquete accionario de SQM, en Chile. En

el gran Salar de Uyuni –y el más pequeño de Coipasa– en Bolivia, el grupo CBC firmó un contrato con la estatal YLB para aplicar la técnica de extracción directa, en teoría, más rápida y de menor consumo de agua, con una inversión proyectada de 1.000 millones de dólares. («Lithium Market Outlook: Five Key Factors to Watch» en Fastmarkets, 30/3/2023, citado por (Fornillo, 2023)).

Rusia también ha mostrado interés por el litio, la empresa Uranium firmó un contrato con YLB para producir 14.000 toneladas de carbonato de litio a partir del año 2027. Sin embargo, tanto éste como el contrato suscrito con CBC, al segundo trimestre del año 2025, no fue aprobado por la Asamblea Legislativa Plurinacional.



2

DESCRIPCIÓN DEL CONTEXTO REGIONAL SUDAMERICANO



Para analizar el tema litio en su integridad, el punto de partida es considerar la propiedad legal de este recurso. En este sentido, las constituciones latinoamericanas suelen reconocer que los recursos naturales pertenecen a los Estados soberanos y son parte del patrimonio de los ciudadanos (Jorratt, 2022); sin embargo, para hacer que se cumpla la propiedad del Estado, o del pueblo, sobre los recursos naturales no renovables hay múltiples caminos (Gómez Sabaíni, 2015). En cualquiera que se escoja, se debe encontrar un equilibrio entre la necesidad de maximizar los ingresos fiscales y los incentivos que se conceden a los privados para asegurar que inviertan en exploración y extracción.

En las industrias extractivas hay dos tipos de regímenes fiscales básicos: 1) los sistemas de concesiones y 2) los sistemas contractuales. En las concesiones, generalmente, el Estado concede a un actor minero el derecho exclusivo a explorar, desarrollar, extraer, transportar y comercializar los recursos naturales extraídos "asumiendo todos los riesgos y costos asociados a la explotación dentro de un área delimitada y por un período de tiempo determinado. En general, los operadores privados son los propietarios legales de la producción (no así los recursos que permanecen en el terreno adjudicado) y tiene libertad para disponer de la misma". El Estado sólo participa cobrando regalías y/o impuestos (Jorratt, 2022).

Por otra parte, están los sistemas contractuales que se dividen entre **contratos de producción compartida** y los **contratos de servicios**. La diferencia fundamental entre ambos tipos radica en la propiedad del recurso.

En contratos de producción compartida, el contratista privado recibe una parte de la producción final en compensación por los riesgos y servicios provistos, una vez cubiertos los costos financieros y operativos; y contratos de servicios, ya sea "puros" (porcentaje fijo de los ingresos netos de los costos), "de riesgo" (donde dicho pago depende de la rentabilidad y las condiciones de mercado) o "híbridos" (como alternativa intermedia entre los anteriores).

Más allá de las ventajas y desventajas que otorgan los distintos tipos de relación, no existe ninguna razón probada para preferir un sistema sobre el otro, ya que los términos fiscales de uno pueden replicarse en el otro, obteniendo potencialmente los mismos resultados. Entonces, es más importante elegir la combinación de los instrumentos recaudatorios aplicados sobre las industrias extractivas en virtud de los distintos efectos económicos y fiscales asociados a los mismos (Gómez Sabaini, 2015).

Bolivia, para la minería en general, ha adoptado el sistema de contratos; pero, para recuperar el valor del mineral para el Estado acude a impuestos sobre utilidades y regalías de compensación a las regiones. Sin embargo, para el litio, el régimen es diferente, no se aplica el sistema concesional ni el contractual; el Estado se reserva, exclusivamente, el derecho a explotar los salares hasta la obtención del producto básico para la industrialización, las sales de litio, carbonato de litio, cloruro de litio e incluso hidróxido de litio.

En Chile, el régimen es similar al boliviano, los depósitos de litio no son concesibles; pero las empresas privadas pueden participar en la explotación mediante un contrato con el Estado, siempre y cuando éste las escoja.

En Argentina, el recurso es concesible y la gestión está descentralizada a las provincias, así, en Jujuy, Catamarca y Salta, el litio tiene un carácter estratégico; en estas

provincias, los proyectos son aprobados por un comité de expertos. El Estado trató de centralizar la administración, pero todavía tiene que dar muchos pasos para lograrlo.

En los últimos años, los Estados han diseñado varios instrumentos para captar lo más posible de la explotación de sus recursos naturales, sin dejar de ser competitivos para captar inversiones, sobre todo, destinadas a la explotación. La forma más directa es participar directamente en la explotación de los recursos con empresas nacionales, Comibol, YLB o ESM en el caso boliviano; Codelco, en el chileno.

Desde la perspectiva fiscal, la aplicación de regalías basadas en la producción es el mecanismo más común, lo que asegura, al menos, un pago mínimo por la explotación de los recursos no renovables. El impuesto a la renta (muchas veces con alícuotas diferenciales) y los impuestos sobre utilidades, aplicables a las organizaciones que explotan estos recursos son un instrumento tributario también utilizado (Hanni, Jiménez, & Ruelas, 2018). Adicionalmente, hay otros mecanismos que utilizan los Estados para participar en la producción o en las ganancias de las empresas, ya sean participaciones en ganancias o como un accionista de la empresa.

¿Cómo se gestiona este recurso en los países del triángulo del litio?

Tabla 1. Carácter estratégico del recurso en el triángulo del litio

País	Normativa	Motivo y objetivos
Argentina (solo de dos provincias)	Restringido a las provincias de Jujuy, Ley Provincial N° 5.674 de 2011, y La Rioja, Ley Provincial N° 10.608 de 2023	La Ley Provincial de Jujuy declara al litio recurso natural estratégico, por ser considerado "generador del desarrollo socioeconómico de la provincia". La Ley Provincial de La Rioja declara al litio recurso natural estratégico "por sus contribuciones a la transición energética y aportes al desarrollo socioeconómico de la provincia".
Bolivia	Decreto supremo N° 29.496 de 2008	Declara "de prioridad nacional la industrialización del Salar de Uyuni para el desarrollo productivo, económico y social del departamento de Potosí".
	Constitución Política del Estado (art. 369)	Declara de "carácter estratégico para el país" a los recursos naturales no metálicos existentes en los salares, salmueras, evaporíticos, azufres y otros.
Chile	Decreto ley N° 2.886 de 1979	Establece reserva del Estado sobre el litio, "por exigirlo el interés nacional", y que este mineral solo está sujeto a los actos jurídicos de la Comisión Chilena de Energía Nuclear, con excepción de las pertenencias constituidas o en trámite de constituirse.
	Comisión Nacional del Litio (2014)	Reafirma el "carácter estratégico del litio", ampliándolo a otras industrias, especialmente la energética.
	Ministerio de Minería ante la Comisión de Minería y Energía del Senado (2022); Estrategia Nacional del Litio (2023)	Presenta una política pública para el desarrollo del litio, uno de cuyos ejes es la creación de una Empresa Nacional del Litio (ENL); se afirma que el litio es un material estratégico para la transición energética y que es necesario que el país tenga control del recurso a través de una empresa estatal que participe tanto de la exploración y explotación como de la industrialización del litio. La empresa se conformaría como una asociación público-privada en la que el Estado sería el socio mayoritario. Esta política dio lugar al lanzamiento de la Estrategia Nacional del Litio, en abril de 2023.

Fuente: Extracción e industrialización del litio (CEPAL, 2023).

Las posiciones de los países que conforman el triángulo del litio están en función del análisis efectuado por las potencias industriales que lideran la transición energética en el mundo. El litio ha sido declarado material estratégico para este paso y el comienzo de la cadena de suministro estará en estos países en un futuro cercano.

Este carácter asignado al litio otorga al Estado la potestad de gestionar su explotación con el fin ideal de favorecer, sobre todo, a la ciudadanía del país. La participación de las empresas privadas debe negociarse con los gobiernos nacionales (o provinciales, en el caso de Argentina).

Tabla 2. Regímenes jurídicos de los países del triángulo del litio

Dimensión	Argentina	Bolivia	Chile
Tipo de normativa	Normativa general para la minería (con legislación específica en el ámbito provincial).	Litio declarado estratégico. Normativa específica.	Litio declarado de interés nacional (o recurso estratégico) Normativa específica.
Régimen de gobernanza	Federal	Centralizado	Centralizado
Cobertura de la normativa	Actividades vinculadas con la explotación del recurso.	Actividades vinculadas con la explotación y la industrialización del recurso	Actividades vinculadas con la explotación del recurso y, mediante la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO), con reserva de cuota para la industrialización.
Modalidades de explotación	Concesiones a empresas privadas Jujuy, participación accionaria de empresa del Estado provincial [(Jujuy Energía y Minería Sociedad del Estado (JEMSE)]	Empresa pública (Yacimientos del litio bolivianos, YLB)	Convenio entre la CORFO y actores privados (contratos de arrendamiento). Modalidades posibles, pero que no se aplican en la actualidad: el Estado o sus empresas, o por medio de concesiones administrativas o contratos especiales de operación a terceros.

Fuente: Extracción e industrialización del litio (CEPAL, 2023).

La regionalización de la gestión en Argentina limita las acciones del Estado, mientras que, en Chile, el Estado decide con quién asociarse y concreta las alianzas, manteniendo el control sobre los excedentes. El gobierno boliviano, aparentemente, busca trabajar en esta línea; es decir, entregar la operación a una empresa privada; escogiendo a la socia con mecanismos particulares.

Por otra parte, respecto al relacionamiento con las comunidades próximas a los salares, en el caso de Bolivia, la comunidad de Río Grande, después de largas negociaciones con las autoridades de la empresa nacional del litio, logró acuerdos como: se dio autorización a la empresa para perforar dos pozos de agua; a cambio, la empresa se obliga a contratar los servicios de transporte de la cooperativa de Río Grande para acarrear insumos y productos para y de la empresa; además, la empresa se obliga a alojar a sus invitados en el hotel que construyó la comunidad en el pueblo de Río Grande. Sin embargo, el punto más importante del acuerdo se refiere a la permanente consulta que debe hacer la empresa a la comunidad para el desarrollo del proyecto.

A diferencia de Bolivia, los indígenas residentes en los salares del norte argentino no formaron sindicatos ni

asociaciones comunitarias. Las comunidades originarias de Salinas Grandes y Laguna de Guayatayoc decidieron organizarse; pero esto tardará varios años, con el propósito de hacer frente a los riesgos para sus derechos humanos y del ambiente. “De ese modo, según narra el dirigente indígena Clemente Flores, tras múltiples reuniones y la ausencia de atención del Gobernador de la Provincia, deciden conformar la “Mesa de comunidades de Salinas Grandes y Laguna de Guayatayoc”, compuesta por 33 comunidades” (Romero, Aylwin, & Didier, 2019).

Sin embargo, según Romero, Aylwin y Didier, una minoría de personas de las comunidades de Salta trabajan para las empresas de litio, atraídas por las ofertas laborales; pero éstas resultaron siendo menores a las esperadas y con condiciones precarias. Las empresas construyeron en la provincia obras de infraestructura que, según miembros críticos de las comunidades, no compensarían el impacto sobre el agua. Las comunidades esperarían mejorar sus condiciones de vida, mejor transporte y mejores precios en el comercio de sus productos tradicionales (carne, lana, quesos, artesanías y agricultura).

2.1 Características de los salares en los países del triángulo del litio

2.1.1 Salares en Argentina

“La región de la Puna Argentina se caracteriza, desde el punto de vista climático, por escasas precipitaciones líquidas y sólidas (menos de 150 mm/año), marcada por una amplitud térmica (20 o más) y elevados valores de evapotranspiración (2.000 a 2.500 mm/año).

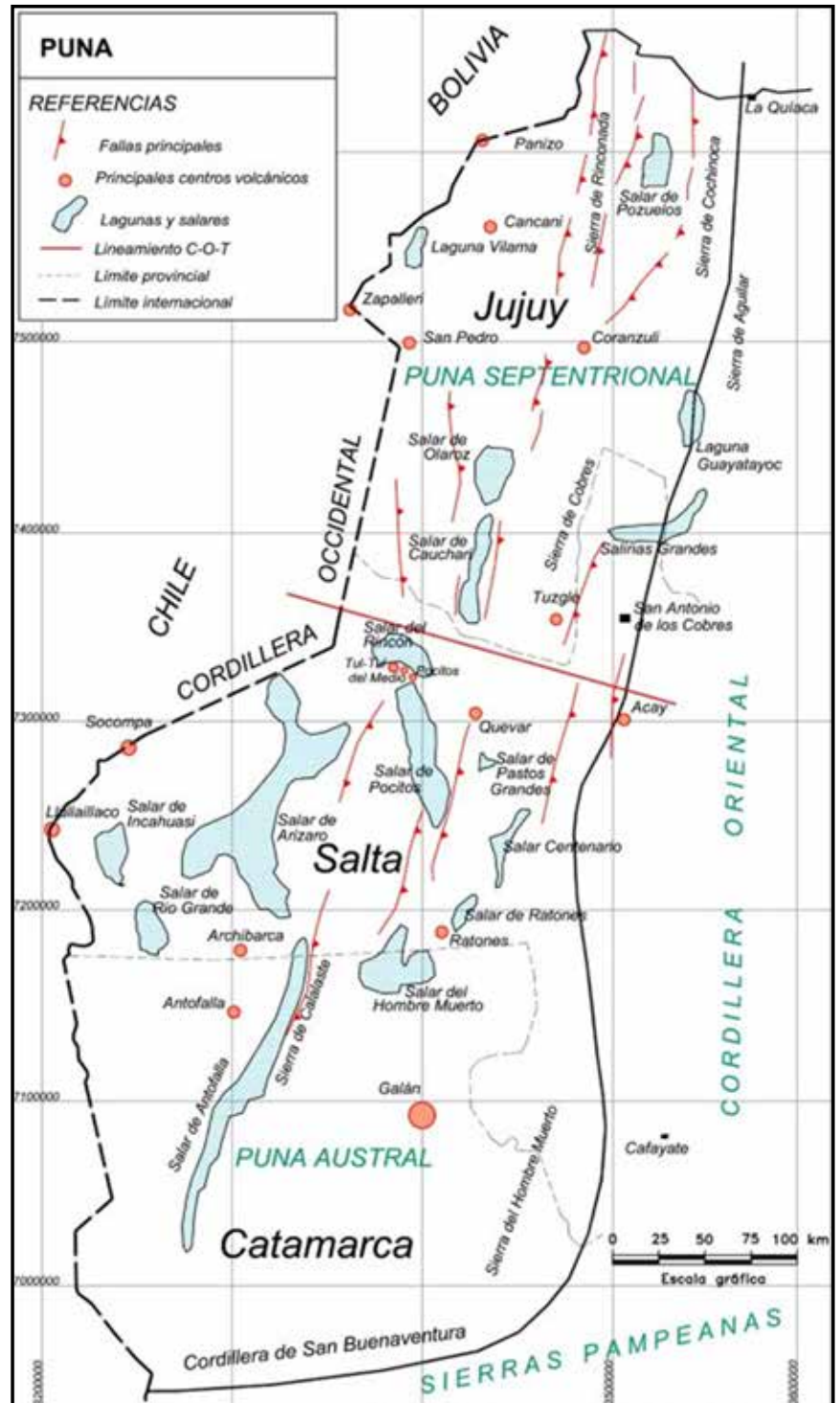
Los suelos de la región, poco evolucionados, no poseen desarrollo y, en el caso de tenerlo, responden a condiciones climáticas antiguas. Son de textura gruesa con baja capacidad de retención de humedad y alta capacidad de infiltración, lo que favorece a los procesos de recarga de los reservorios de agua subterránea, a partir del agua de lluvia y por derretimiento.

Para el ambiente en la región, en general, es posible diferenciar entre salares húmedos y secos. Los primeros están localizados al oriente y se sitúan entre las isohietas de 50 a 100 mm/año, pudiéndose mencionar entre otros: Olaroz (Jujuy), Cauchari (Jujuy y Salta), Pozuelos, Centenario, Ratonés, Diablillos (Salta) y Hombre Muerto (Salta y Catamarca). Los salares secos, ubicados al occidente, se localizan en un ambiente con valores de precipitaciones menor a 50 mm/año, entre ellos se puede citar al Salar de Jana (Jujuy), Rincón, Pocitos, Tolillar, Arizaro, Incahuasi, Lullailaco y Río Grande (Salta) y Antofalla (Salta y Catamarca)” (Real Herráiz J. I., 2024).

Los principales salares en Argentina son: en la provincia de Catamarca, Salar del Hombre Muerto; en Salta: Salar de Arizaro; en Jujuy: Salar de Olaroz.

Para la descripción detallada de los salares se acude al trabajo de Alonso de 2017:

Mapa 1. Elementos geológicos mayores de la Puna Argentina y principales salares



Fuente: Alonso (2017).



2.1.1.1 Salar del Hombre Muerto

El Salar del Hombre Muerto (Vinante, 2006) está ubicado en el borde centro oriental de la provincia geológica Puna. Está emplazado en una cuenca hidrográfica de 4.000 km², de los cuales 588 km² corresponden al ambiente evaporítico. Su altura media se estima en 4.000 m s. n. m. (Igarzábal, 1980). Los materiales detríticos presentes en el sector oriental provienen, en gran medida, de amplios depósitos de ignimbritas y rocas graníticas. En el sector occidental, el predominio de terrenos ordovícicos señala la homogeneidad litológica en que está elaborada la depresión.

La cuenca es endorreica, está caracterizada por una baja densidad de drenaje y alto porcentaje de cursos con régimen temporario. El Río de los Patos es la fuente más importante de agua al salar con un caudal medio de 20.000 l/h. El sector oriental es el más importante desde el punto de vista hidrológico puesto que ahí desemboca el Río de los Patos, con cuyas aguas se alimenta la Laguna Catal.

2.1.1.2 Salar de Arizaro

El Salar de Arizaro está ubicado en el centro de la Puna de Atacama. Posee una superficie de 1.600 km², a una altitud de 3.460 m s. n. m. Según el Servicio Geológico Minero Argentino, se encuentra en la región más seca de la Puna Argentina (Alonso R. N., 2017). El salar se caracteriza por la siguiente formación: calizas grises y amarillentas marinas, con dientes de peces invertebrados y microfósiles pérmicos (Alonso R. N., 1987).

2.1.1.3 Salar de Olaroz

El Salar de Olaroz está ubicado en la cuenca Olaroz–Cauchari, a una altitud aproximada de 3.950 m s. n. m. Ocupa una cuenca endorreica. La subcuenca del salar está conformada por cursos fluviales de régimen temporario, a excepción del Río Rosario, que posee un régimen permanente, en ningún caso estos cursos llegan hasta el salar. La explotación de litio en el salar de Olaroz se realiza a partir del bombeo de salmueras con concentraciones superiores a los 600 mg/l; sin embargo, una proporción importante de este elemento queda retenido en las facies clásticas como evaporíticas de los sedimentos modernos acumulados en el suelo salino (Borda, 2019).

Los ambientes geomorfológicos del área de estudio se diferencian en cordones montañosos compuestos por rocas sedimentarias, otros por rocas ígneas, depresiones con salares, bajadas de piedemonte, áreas con modelado eólico, áreas con modelado fluvial y abanicos aluviales [Aranda Álvarez, 2018, citado por (Borda, 2019)].

2.1.2 Salares en Chile

Los salares chilenos que forman parte del triángulo del litio están ubicados sobre las regiones de Antofagasta y Atacama. En la comuna de San Pedro de Atacama, en la región de Antofagasta se encuentra uno de los salares más grandes del mundo, el Salar de Atacama. En la región de Atacama se encuentra ubicado tanto el Salar de Maricunga como el Salar de Pedernales.

2.1.2.1 Salar de Atacama

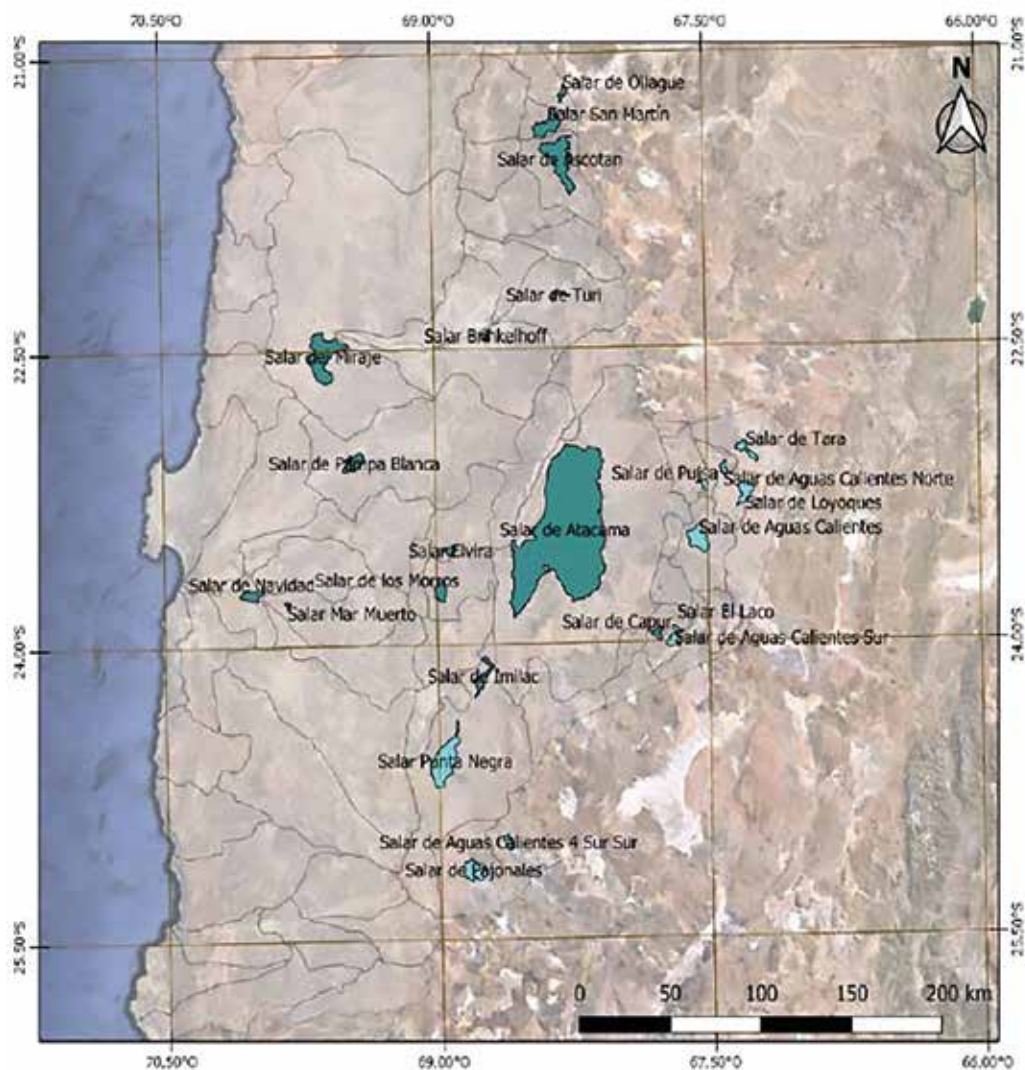
El Salar de Atacama, con una superficie de 3.000 km², es el más extenso de la región de Antofagasta. Está ubicado en una cuenca cerrada entre la Cordillera de los Andes, al este, y la Cordillera de Domeyko, al oeste. Sus principales características morfométricas y climatológicas son:

El Salar de Atacama se sitúa dentro de una cuenca intramontañosa endorreica, compuesto por sedimentos clásticos y evaporíticos depositados desde el Mioceno Superior hasta la actualidad. La cuenca está delimitada al oeste por la Cordillera de Domeyko y la Cordillera de la Sal, al este por la Cordillera de los Andes, y al sur por el Cordón Lila. Los depósitos deltaicos de los ríos San Pedro y Vilama limitan el salar por el norte. Los materiales de relleno de la cuenca son facies evaporíticas, cuya distribución está controlada por la típica secuencia de precipitación, según un orden de solubilidades creciente (Salas, 2010).

Mapa 2. Ubicación del Salar de Atacama

- Altura:** 2.300 m s. n. m.
- Superficie del salar:** 3.000 Km²
- Superficie de lagunas:** 12,6 Km²
- Precipitaciones:**
25 mm/año (salar) - 300 mm/año (cordillera)
- Evaporación potencial:**
2.000 mm/año (salar) - 1.600 mm/año (cordillera)
- Temperatura media:** 14 °C (salar)

Fuente: Universidad de Antofagasta.



Fuente: Elaboración propia a partir de metadatos de la DGA.

2.1.2.2 Salar de Maricunga

El Salar de Maricunga se sitúa sobre una cuenca con una extensión de 2.200 km², siendo la segunda cuenca hidrográfica endorreica de mayor extensión en la región de Atacama. Se ubica al sur de la cuenca del Salar de Pedernales y al este de la cuenca del Río Copiapó. El salar se encuentra ubicado en la parte norte de la cuenca hidrográfica, con su borde occidental, a 7 km de la divisoria que la separa de la cuenca de Copiapó. Varias quebradas alimentan el salar desde el sur y sureste de la cuenca, donde destacan la quebrada La Coipa, Pastillos y Ciénegas Redonda. Sus principales características morfométricas y climatológicas son:

Altura: 3.760 m s. n. m.

Superficie del salar: 145 Km²

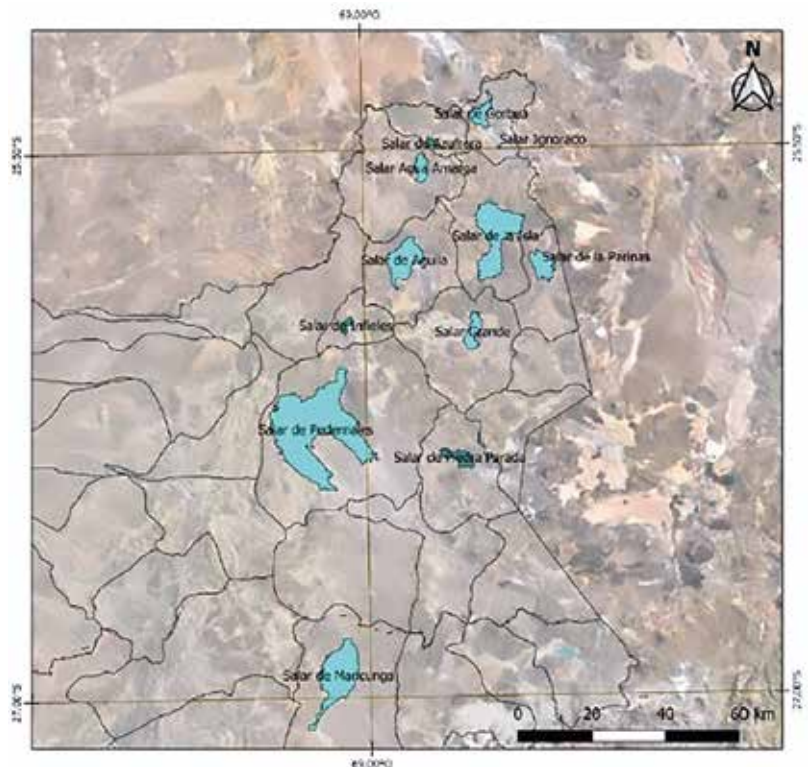
Superficie de las lagunas: 6 Km²

Precipitación: 120 mm/año (salar)

Evaporación potencial: 1.200 mm/año (salar)

Temperatura media: 14 °C (salar)

Mapa 3. Ubicación del Salar de Maricunga



Fuente: Elaboración propia a partir de metadatos de la DGA.

La geología de la cuenca incluye una variedad de formaciones volcánicas, rocas plutónicas y terrenos sedimentarios. El salar se compone por una costra de halita (NaCl) y yeso (CaSO₄·H₂O) con pequeñas lagunas que se sitúan, por lo general, en los límites del salar. Los principales aportes de aguas superficiales al salar están dados por siete arroyos ubicados entre 4.000 y 4.500 m de altura que se infiltran aguas abajo, alimentando las napas subterráneas. Al extremo suroeste del salar existe la laguna Santa Rosa, pequeña e independiente. Esta laguna descarga hacia el sector norte del salar por un canal cuyo caudal se incrementa con los aportes subterráneos hasta alcanzar, en promedio, los 163 l/s (Rojas Badilla, 2006).



2.1.3 Salares de Bolivia

El salar de Uyuni, ubicado a 3.650 m s. n. m. en el suroeste de Bolivia, en la región altiplánica de la cordillera de los Andes, es el más grande del mundo, con una extensión de 10.582 Km² (Yacimientos de Lito Bolivianos, 2019).

El régimen hidrológico del salar de Uyuni está caracterizado por el régimen hidrológico de la cordillera altiplánica. En ella, existen cuatro regímenes hidrológicos diferenciados según los antecedentes geológicos, geomorfológicos y climáticos, siendo dos de ellos el salar de Coipasa (con una superficie de 2.500 Km²) y el propio salar de Uyuni, el cual tiene una sola afluencia superficial permanente: el Río Grande de Lipez, en el sur.

Mapa 4. Salares de Coipasa y Uyuni



Fuente: Google Earth con información de registro de áreas mineras.

Mapa 5. Mapa de los salares menores de Bolivia en el sudoeste de Potosí



Fuente: Google Earth con información de registro de áreas mineras.

Si bien no existe una conexión continua entre los salares de Coipasa y Uyuni, cuando los salares están inundados tras lluvias masivas durante la estación húmeda, es posible un intercambio superficial entre las masas de agua en ambas direcciones. Asimismo, se podría considerar una conexión subterránea ya que es pensable que sedimentos más antiguos cubiertos por material volcánico joven actúen como un acuífero.

Los datos de la estación climática de la localidad de Uyuni, al sur del salar, muestran una temperatura media anual de 9 °C, donde el gradiente de temperatura en un solo día puede alcanzar hasta 25 °C. La precipitación anual es muy baja, de aproximadamente 141 mm y el 90% de la misma se produce en solo tres meses. Durante la estación lluviosa predominan los vientos del

sur, mientras que la estación seca se caracteriza por vientos del norte (Svendsen, 2002) con una velocidad media del viento de 8 m/s. En cuanto a la evaporación, la estación meteorológica de Uyuni establece valores totales anuales entre 1.400 y 2.100 mm. En la parte meridional del Altiplano domina el clima subtropical (Schmidt, 2010).

La geología de la cuenca del Salar de Uyuni está representada por formaciones paleozoicas, rocas mesozoicas, y principalmente cenozoicas constituidas por rocas volcánicas y secuencias vulcano-sedimentarias. En el área de influencia del Salar de Uyuni se observan sedimentos recientes (cuaternarios) agrupados en depósitos salinos, depósitos aluviales, fluviales, lacustres, fluvioglaciares, morrenas y dunas.

2.2 Avance de Chile

En las regiones de salares de los tres países habitan y habitaban grupos étnicos diferentes a quechuas y aymaras que habían sido sometidos por éstos, llegando a ser parte del Kollasuyo, región que abarcaba toda Bolivia y el norte de Chile y Argentina.

En la actualidad, y particularmente desde la expedición de nuevas normas y de constituciones políticas en sus países, "cada uno de estos pueblos ha desarrollado procesos de recuperación de identidad y autonomías mediante la revitalización de sus pasados y, así, han pedido su reconocimiento y se identifican de distintos modos, tales como las actuales comunidades de collas [kollas], atacamas [atakamas], omaguacas [o humahuacas], chichas, diaguitas y calchaquíes, que ayudan a diferenciar pueblos étnicos del gran grupo quechua-hablante y aimara-hablante" (Romero, Aylwin, & Didier, 2019).

Mientras que personas jóvenes de los pueblos indígenas de la región ven con expectativa la posibilidad de "progreso" que significa el vínculo entre poblaciones aisladas históricamente y un mineral "de punta" requerido mundialmente, las incertidumbres por el impacto real de este tipo de minería en aguas de salmueras están creando divisiones entre las propias comunidades [Jerez, 2018 citado por (Romero, Aylwin, & Didier, 2019)].

En Chile, en la segunda mitad del siglo 20, comenzaron a organizarse en cooperativas agrícolas y, según Gundermann y Vergara (2012), citados por (Romero, Aylwin, & Didier, 2019) "no conformaron liderazgos ligados a poderes locales o partidos políticos y su identidad étnica se desarrollaría por el apoyo de organizaciones no gubernamentales".



Más tarde, se conformó el Consejo de Pueblos Atacameños como interpelador de la agencia estatal encargada de la política indígena. Este consejo fue calificado de oficialista e ineficaz, y por eso surgió otra organización. Sin embargo, este consejo se ha convertido en el líder de la lucha por la recuperación de sus tradiciones, sus territorios y, sobre todo, por el acceso al agua. La respuesta de las empresas, haciendo que los pueblos se conviertan en socios de ellas les generó grandes ingresos el año 2022, año de cotizaciones récord del carbonato de litio.

ACTUALIDAD

La Sociedad Química y Minera de Chile (SQM) reportó pérdidas por \$us 655,92 millones para el primer semestre de 2024, lo que se compara con los \$us 1.330,12 millones que perdió en igual tramo de 2023. Sus ingresos, en tanto, alcanzaron a \$us 2.378,13 millones, una baja de 44,89% frente al mismo período del año pasado. No obstante, el segundo trimestre de 2024, SQM reportó ganancias por \$us 213,59 millones, un retroceso interanual de 63,19%.

Los ingresos de litio y derivados totalizaron \$us 1.212,1 millones durante el primer semestre, una disminución de 61% comparado con los \$us 3.110,8 millones registrados para los seis meses terminados el 30 de junio de 2023. Los ingresos de litio y derivados del segundo trimestre de 2024 totalizaron \$us 664,7 millones, una disminución de 54,6% en comparación con los \$us 1.464,6 millones registrados en el segundo trimestre de 2023.

Como los precios internacionales del carbonato de litio bajaron significativamente desde noviembre de 2022, SQM aumentó su producción para compensarlos.

Según SQM, el precio de venta promedio para el segundo trimestre de 2024 alcanzó casi \$us 12.700 por tonelada métrica, una disminución de 62,6% en comparación con el precio de venta promedio informado para el segundo trimestre de 2023. Los volúmenes de ventas de litio alcanzaron casi 52.300 toneladas métricas para

el segundo trimestre de 2023, un aumento de 21,3%, en comparación con los volúmenes de ventas reportados para el mismo período del año pasado.

REACCIÓN DE JP MORGAN

El banco de inversión estadounidense JP Morgan tuvo una visión mixta respecto a los resultados de la chilena SQM para el segundo trimestre del año, ya que, si bien los volúmenes de venta de litio superaron sus estimaciones, los bajos precios realizados impactaron finalmente sus ganancias.

“A pesar de la falta de cumplimiento y de las débiles condiciones de precios del litio para el segundo trimestre (y probablemente el segundo semestre), los resultados fueron buenos en términos de volúmenes para la mayoría de las divisiones”, dijo la firma en un reporte remitido a sus clientes. Según el banco, “esto explicó que los ingresos superaron nuestras estimaciones en un 15% y al consenso en un 5%”.

“En el caso del litio, los volúmenes fueron sólidos con 52.300 toneladas, un aumento del 21% interanual con precios realizados que superaron nuestras estimaciones en un 4%. En yodo, los volúmenes fueron sólidos con 4.100 toneladas, un aumento del 28% interanual y precios un 7% mejores (los precios están repuntando secuencialmente)”, detalló (Nueva minería y energía, 2024).

SQM transfirió 170 millones de dólares en 2022 al Consejo de Pueblos Atacameños y al sistema de municipios de la región de Antofagasta (la suma constituye «mucho más que lo que se recibe desde el Estado», en palabras del gobernador regional). Así, la empresa sustituye al Estado en potenciar el desarrollo local.

Las firmas han advertido que para garantizar la extracción sostenible es más rentable transformar a las comunidades en «socias» absolutamente menores que desconocerlas o eliminarlas (Fornillo, 2023).



2.3 Avances de Argentina



Argentina se ha convertido en uno de los principales productores de litio en el mundo, con grandes proyectos de extracción en las provincias de Jujuy, Salta y Catamarca. En los últimos años, experimentó un crecimiento vertiginoso en la inversión internacional en este sector. Según datos actualizados a 2024, la Argentina alberga más de 20 millones de toneladas de recursos de litio y en 2023 se consolidó como el cuarto productor mundial, exportando más de 40.000 toneladas de carbonato de litio. Además, las proyecciones indican que la producción argentina de litio podría multiplicarse por cuatro o cinco para 2025, alcanzando entre 175.000 y 200.000 toneladas anuales (El diario AR, 2024).

El movimiento de inversores para copar los salares argentinos es fuertemente llamativo. Este año, la gran empresa minera Río Tinto (anglo-australiana) compró todas las operaciones de Arcadium. "Es una noticia muy positiva para el país, significa una inyección de inversiones para los proyectos", aseguran. Río Tinto prevé invertir \$us 2.000 millones en una planta de carbonato de litio en Salta (Penelli, 2024).

"Los depósitos de Li en salmuera de Argentina tienen concentraciones que varían entre 321 y 883 mg/l en proyectos mineros avanzados. Hasta la fecha, los recursos de Li en salmuera (incluyendo medidos, indicados e inferidos) en los Andes argentinos se estiman en aproximadamente 183,27 millones de toneladas métricas de LCE (Equivalente de Carbonato de Litio) y la producción de Li totalizó 45.943 toneladas de LCE en 2023. Una evaluación del panorama minero revela una superficie minera total otorgada de 28.752 Km² en la región andina del noroeste de Argentina.

Del total, las sociedades públicas poseen el 5%, a particulares se les ha otorgado el 6% y 130 empresas privadas controlan el 89%. A pesar de este mosaico complejo, la industria sigue siendo dinámicamente competitiva, evitando la monopolización completa, ya que tres principales actores privados controlan el 21% del total. Navegando a través de las etapas de desarrollo de proyectos, la investigación revela la existencia de 90 proyectos anunciados de Li en salmuera. Estos proyectos abarcan el espectro de fases, desde la prospección incipiente hasta la operación productiva.

Curiosamente, solo 5,52% de la superficie otorgada está produciendo Li. La mayoría de las concesiones permanece improductiva durante décadas, 73% de las minas otorgadas están fuera de los salares, 58% carecen de información de concentración de Li en las salmueras y con las tenencias de títulos persistiendo incluso cuando los proyectos están concluidos o en venta. A medida que se ha ido desplegando el intrincado relato del Li en salmuera, se ha podido caracterizar el escenario minero e identificado criterios importantes, desafíos y oportunidades para un marco de sustento que propicie una gestión estratégica de los depósitos de Li en salmuera de Argentina" (López Steinmetz, 2024).

Las EDL llegan a su madurez científica (Bunel E. E., 2024). En el cautivante espectro del triángulo del litio, los depósitos de litio (Li) en salmuera son yacimientos no convencionales y complejos, en los cuales el mineral se encuentra bajo forma iónica como Li⁺ en el recurso, que es la salmuera de los acuíferos situados en el subsuelo de los salares y lagunas, en las regiones endorreicas y áridas de los Andes.

3

ANÁLISIS DEL DESARROLLO DEL PROYECTO DE LITIO EN BOLIVIA

3.1 Antecedentes

EL PROYECTO DE INDUSTRIALIZACIÓN DE LAS SALMUERAS DEL LITIO BUSCÓ ROMPER LOS CÁNONES HABITUALES EN EL PAÍS. SEGURAMENTE AÚN LA POBLACIÓN RECUERDA LAS PERIPECIAS POR LAS QUE PASÓ LA FUNDICIÓN DE ESTAÑO DEL ESTADO DESDE LOS AÑOS 30 HASTA SU PUESTA EN MARCHA AL COMENZAR LA DÉCADA DEL 70.

LOS INTERESES EXTERNOS, ASOCIADOS A LOS INTERNOS, PUSIERON OBSTÁCULOS ANTES DE PERMITIR QUE BOLIVIA PUEDA FUNDIR SU PRINCIPAL PRODUCTO DE EXPORTACIÓN Y TODO EL EXCEDENTE SE QUEDE EN EL PAÍS. CUANDO CON Poca DIFERENCIA DE TIEMPO CERRARON FUNDICIONES EN TEXAS, HOLANDA E INGLATERRA, MESES DESPUÉS DEL INICIO DE OPERACIONES DE LA FUNDICIÓN DE VINTO, SE PUSO EN EVIDENCIA CÓMO AL EXPORTAR MATERIA PRIMA SIN AÑADIRLE VALOR SE EXPORTABA OPORTUNIDADES DE EMPLEO Y BIENESTAR.

Ilustración 8. Línea de tiempo del proyecto de explotación del litio hasta el año 2019



RECONOCIMIENTOS - 2018

- 1 Condecoración a YLB con la Medalla de Plata "Vale un Potosí".
- 2 Premio Nacional a la excelencia para el vivir bien 2018 "Sello de Oro".
- 3 Reconocimiento, América Bao Cheng Desarrollo y Tecnología del Salar S.R.L.
- 4 Reconocimiento, Altamira Trade AG, por la primera Planta de Potasio en Bolivia.

PERSONAL YLB

Año	Trabajadores
2008	20
2010	144
2013	389
2017	399
2018	563

Inicio de la construcción de la Planta Industrial de Cloruro de Potasio



2015

Venta de Sales



- La construcción de esta planta fue con el objetivo de ingresar a la era de la industrialización de los recursos evaporíticos de manera soberana.
- Venta de sales, primeros ingresos generados por la venta de los productos de la fase piloto.
- Construcción de la Planta Piloto de Materiales Catódicos, para la construcción de NMC y LMO.
- Acreditación de Laboratorio de Análisis Químico (2016).

Creación de Yacimientos de Litio Bolivianos



2017

Planta Piloto de Materiales Catódicos



- Creación de Yacimientos de Litio Bolivianos mediante Ley N° 928, de 27 de abril de 2017, como Empresa Pública Nacional Estratégica, con personalidad jurídica propia, de duración indefinida, autonomía de gestión administrativa, financiera, comercial, legal y técnica, cuyo patrimonio pertenece 100% al Estado Plurinacional de Bolivia, bajo tuición del Ministerio de Energías.
- Inicio de operaciones de la Planta Piloto de Materiales Catódicos con profesionales 100% bolivianos.
- Inauguración de la Planta Piloto de Materiales Catódicos (2017).

Inauguración de la Planta Industrial de Cloruro de Potasio



2017



- Puesta en marcha de la Planta Industrial de Cloruro de Potasio, financiado en su integridad por el Banco Central de Bolivia, con una capacidad de producción de 350.000 TM/año.
- Se inició la construcción del Centro de Investigación en Ciencia y Tecnología de los Recursos Evaporíticos en Potosí - Bolivia.
- Se concretó la Sociedad entre YLB (51% Bolivia) y ACISA (49% Alemania), para la construcción de las plantas: hidróxido de litio, hidróxido de magnesio, materiales catódicos y baterías de ion litio.
- Yacimientos de Litio Bolivianos asume carácter corporativo bajo D. S. 3627 Aplicación de Baterías de ion litio de alta capacidad 10Ah, ensambladas en la PPB.



El año 2010, cuando Bolivia intentó montar plantas para procesar los minerales de zinc y hacer lo mismo que con el estaño, recomenzó una misión imposible. Autoridades del país que compra los concentrados de zinc expresaron, abiertamente, que no colaborarían a Bolivia para la instalación de esas plantas porque el mineral boliviano generaba 25.000 empleos en su país y otros beneficios más.

El año 2008, se presentó a las autoridades del sector y del país el proyecto para explotar las salmueras del Salar de Uyuni. Fue a fines de marzo cuando se emitió el Decreto Supremo N° 29496 que anclaba ese proyecto al seno de la COMIBOL.

La política para el desarrollo del proyecto estuvo clara desde un inicio: no se explotaría las salmueras para generar y exportar materia prima; se propuso llegar a la industrialización –baterías de litio y otros productos terminados– y no se correría la misma suerte que con otros minerales. Además, se trabajaría con tecnología boliviana, capital y recursos bolivianos hasta la obtención de la materia prima. Luego se entraría en alianza con empresas que garanticen tecnología y mercado, y estén dispuestas a montar en Bolivia todas las fábricas necesarias para proveer de insumos a la fábrica de baterías. Más aún, se procesará el potasio –elemento

abundante en el salar– para obtener fertilizantes altamente demandados en el mercado regional.

El Gobierno buscó una tecnología que permitiese procesar el litio con resultados ventajosos para el país. Investigadores asiáticos, europeos y americanos respondieron con propuestas para recuperar el litio; muchos pretendieron imponer condiciones que no eran favorables al país, llegando incluso a confundir a muchas autoridades; sin embargo, prevaleció el interés de buscar el mejor beneficio nacional.

Por primera vez, se vio que los autores del proyecto tenían clara una estrategia y la visión de mediano y largo plazo para conseguir el objetivo: industrializar las salmueras de los salares.

La estrategia estuvo clara desde antes que se emita la nueva Constitución Política del Estado, por eso, en su texto se declara material estratégico el contenido en las salmueras. Esto da ciertas características y prerrogativas a la explotación de los recursos de las salmueras.

En varias rendiciones de cuentas de varios años consecutivos, la Gerencia Nacional de Recursos Evaporíticos -GNRE- de COMIBOL, las autoridades a cargo del proyecto explicaron que la estrategia contemplaba tres



fases: una de identificación de la tecnología apropiada para extraer el carbonato de litio y otras sales comerciales, una segunda de producción en dimensiones industriales de esas sales y, una tercera, de industrialización (de fabricación de las baterías en el país). Con tres características básicas: hasta la producción de las sales, se trabajaría solo con tecnología boliviana, con capital nacional y con personal local. Para la tercera fase se buscaría la asociación con alguna empresa internacional. Durante las dos primeras fases, se trabajaría intensamente en la capacitación de personal y en la certificación de las reservas de los salares. También se afirmaba que se contrataría una empresa internacional para diseñar el ingreso al mercado de las baterías.

Se había dimensionado el proyecto en 700.000 toneladas de sales de potasio y 30.000 toneladas de carbonato de litio por año. Tiempo después, estas dos cantidades se redujeron a la mitad. La razón para ello radicaba en que las características de la salmuera del salar de Uyuni no permitían una eficiencia aceptable de la tecnología escogida para el presupuesto calculado.

Durante el tiempo de ejecución de las dos primeras fases se adquirió una fábrica de baterías de pequeña dimensión con el fin de optimizar los parámetros de la posterior producción industrial y de entrenar al personal. También se instaló una fábrica de material catódico con los mismos fines.

En este tiempo, por las exigencias de duración de las baterías y otros factores de consumo, el mundo científico descubrió la importancia del hidróxido de litio. Además, se constató que con la evaporación en piscinas y la tecnología boliviana, la recuperación del litio era muy baja (15%). A partir de esto, el proyecto del litio comenzó a agregar a sus exigencias para sus futuros socios, la necesidad de recuperar el litio de la salmuera residual, como hidróxido de litio.

Recuperar el litio no es una tarea simple, dado que es el metal que tiene la mayor tendencia a combinarse con otros elementos, todos los procesos son complejos. En la salmuera de Uyuni hay, como elementos mayoritarios, sodio, potasio y magnesio. Lo que se hace en el

proyecto es separar, en primer lugar, el sodio, luego el potasio y después el litio.

Para hacer que el líquido quede sin sodio, se hace evaporar el líquido hasta que, en el fondo del recipiente, va precipitándose el sodio como sal común. Cuando, prácticamente, todo el sodio se separa como cloruro de sodio (sal común), el líquido es trasladado a otro recipiente y, nuevamente, se hace que se evapore. Otro sólido se precipita al fondo, es el cloruro de potasio. Esta sal, una vez limpiada, es un fertilizante muy demandado. A este proceso de separar elementos disueltos de manera diferenciada se conoce como cristalización fraccionada.

El líquido, sin sodio ni potasio, tiene todavía magnesio y litio. Este magnesio es el elemento que es más difícil separar. En las salmueras de los países vecinos, por cada gramo de litio hay entre 8 y 12 de magnesio; en la del salar de Uyuni, hay entre 20 y 25. Por esto, obtener el litio es más caro en Bolivia con esa tecnología.

El litio que se requiere para fabricar baterías tiene que estar como carbonato de litio, y con una pureza superior a 99,5%. La YLB ha desarrollado la tecnología para conseguir ese producto; pero, al mismo tiempo, debe poner mucha atención a la calidad y volumen de residuos.

“El carbonato de litio es obtenido a partir de cristales de sulfato de litio, provenientes de la cristalización fraccionada de la salmuera del salar de Uyuni, proceso realizado en piscinas de evaporación, éstas son diques construidos a partir de sal compactada y taludes que se encuentran en el mismo salar de Uyuni, están diseñadas para acumular la salmuera que, después de etapas controladas de cristalización fraccionada, proporciona diferentes productos requeridos para la producción.

La salmuera utilizada es bombeada de pozos, de aproximadamente 50 metros de profundidad, hacia las piscinas donde se controla la calidad del producto separando el líquido del recipiente a través de geomembranas y geotextiles como elementos de estabilización y protección mecánica de suelos; con el principal objetivo de evitar fugas de salmuera concentrada” (Montenegro, 2020).

3.1.1 Proceso

i. DILUCIÓN DE SALMUERA

Es la dilución de la materia prima en tanques, es decir, los cristales de sulfato de litio con agua desionizada; esto se realiza con el objetivo de controlar las concentraciones iónicas de litio, magnesio y sulfatos en la solución, llegando a obtener una solución en la que la relación de magnesio-litio sea de 3:1.

ii. LECHADA DE CAL

Es una solución de agua con cal (CaO) en una relación de 3:1.

iii. ENCALADO

Es la adición de la lechada de cal a la solución de sulfato de litio, con el objetivo de eliminar los iones Mg^{2+} y SO_4^{2-} , que se encuentran en la misma. Este proceso se realiza en tres etapas.

iv. CARBONATACIÓN I

Con el objetivo de la reducción de trazas de magnesio y calcio de la solución obtenida en el proceso anterior de encalado se procede a la carbonatación I; etapa en la cual se añade una solución de carbonato de sodio llegando a precipitar el magnesio y calcio incrementando la concentración de litio en la solución.

v. QUELACIÓN

Antes de una segunda etapa de carbonatación se realiza la adición de EDTA (etilendiamino tetra acético disódico, $C_{10}H_{16}N_2O_8 \cdot 2Na$) bajo el principio de acomplejamiento de iones, para terminar de reducir posibles trazas de Magnesio y Calcio.

vi. CARBONATACIÓN II

Se realiza agregando nuevamente carbonato de sodio, en función de la cantidad de Litio que está presente en la solución remanente, donde ya no hay ni calcio ni magnesio. Luego se realiza una separación sólido líquido mediante un filtro centrífugo para recuperar el carbonato de litio.

El proceso de obtención del carbonato de litio, partiendo de cristales de sulfato de litio, tiene como etapas complementarias la acumulación y reacción pulmón que se realizan en tanques (almacenamiento de gran capacidad); así también la impulsión realizada mediante bombas centrífugas, neumáticas y una electrobomba. El proceso de separación del líquido y pulpa se lleva a cabo en filtros centrífugos horizontales.

3.1.2 Requerimiento de calidad

Las especificaciones internacionales para los productos se resumen en la siguiente tabla, a partir de normas chinas:

CUADRO 1: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL PRODUCTO

	Li2CO3	Na	K	Ca	Mg	Si	Fe	Cu	Pb	Ni	Mn	Zn	Al	Cl	SO4
GRADO BATERÍA	99,5	0,025	0,001	0,005	0,01	0,005	0,002	0,001	0,001	0,003	0,001	0,001	0,005	0,005	0,08
GRADO COMERCIAL	95 < 99,5	> 0,025	> 0,001	> 0,005	> 0,01	> 0,005	> 0,002	> 0,001	> 0,001	> 0,003	> 0,001	> 0,001	> 0,005	> 0,005	> 0,08

Fuente: Normativa para el carbonato de litio (Rep. Popular de China).

Hasta el momento, la planta de obtención de las sales de potasio funciona a un quinto de su capacidad y la planta de carbonato de litio está en etapa de afianzamiento; fue inaugurada en diciembre de 2023. Las dimensiones de las dos plantas son la mitad de las que se habían programado inicialmente, con 350.000 la de potasio y 15.000 la de litio. Sin embargo, la capacidad de producción de la planta de litio sería de 40.000 toneladas anuales con la recuperación del hidróxido de litio.

La COMIBOL manejó el proyecto durante nueve años. Su burocracia y el hecho de que sigue siendo la empresa en liquidación que provocó el D. S. 21060 ralentizaron su gestión y el Gobierno tomó la determinación de crear la empresa Yacimientos del Litio Bolivianos, vinculada a un nuevo ministerio –el de Energías– mostrando que el principal objetivo del proyecto es la fabricación de baterías; sin embargo, por la situación económica nacional, ese ministerio desapareció y el proyecto del litio radica, ahora, en el Ministerio de Hidrocarburos.

Llegar a la producción de baterías supone recorrer un largo camino. El salar de Uyuni, debajo de una costra con un espesor menor a un metro, tiene un líquido (salmuera) que contiene, entre otros elementos, el litio. El primer paso del proceso consiste en extraer el litio de este líquido.

Pero hay más pasos que debe dar el proyecto de industrialización de las salmueras. En el mundo, son pocas las empresas que pueden fabricar baterías.

Cuando un país como Bolivia quiere entrar en la industrialización, el reto es gigantesco si se desea que el efecto provocado sea el deseado. En el sector minero, más del 70%, en valor, de los insumos que se usan para la obtención de los concentrados, es importado; con lo que el mayor beneficio es para el extranjero. Esta lección, bien

aprendida por el proyecto del litio, exige que todos o una buena parte de los insumos que requiere la fabricación de las baterías sean producidos en Bolivia.

Conseguir esa producción es casi imposible sin apoyo; pero éste no es el único obstáculo que debe ser superado. El siguiente es el mercado que compraría las baterías. Entrar a ese terreno con marca boliviana y competir con los gigantes que lo controlan es una tarea que haría vacilar a cualquiera.

La empresa estatal YLB tuvo que negociar con varios grupos empresariales buscando lo que se denominó "el socio estratégico". En abril de 2018, se anunció que se había escogido al grupo alemán ACI Systems "Hay muchas razones que explican la elección de una empresa alemana, indica el Dr. Hubertus Bardt, director, gerente y jefe del Departamento de Investigaciones de IW-Köln (un instituto de investigaciones económicas con sede en Colonia). 'La industria automotriz es importante para Alemania, para la cual el litio es una materia prima fundamental, por lo que hay mucho interés. Además, está la fortaleza tecnológica que aportan los alemanes y el supuesto de que seguramente están en condiciones de organizar bien una empresa de este tipo, con un compromiso en un proyecto serio" (Dannemann, 2018).

La selección de este socio seguramente consideró, entre otros aspectos: si disponían de la tecnología, si podían aportar con capital, si estaban dispuestos a instalar todo en Bolivia (fábricas de insumos, fábrica de baterías, fábrica de todos los detalles), si podían garantizar mercado, si tenían experiencia en diseñar, construir, gestionar este tipo de plantas, si estaban dispuestos a contratar y capacitar a personal boliviano, si garantizaban sostenibilidad y si aceptaban la distribución de utilidades planteada por el país.

La selección de la empresa alemana ACI Systems generó bastante expectativa, en general; ello debido a que en Europa el uso de vehículos eléctricos había crecido de manera vertiginosa; más de 25% del parque automotor correspondía a este tipo de motorizados. La tecnología alemana (quizás no la del litio) es de las más avanzadas del planeta. Su experiencia en montar plantas y gestionarlas está, por demás, demostrada.

Bolivia ansiaba convertirse en una pieza fundamental en el negocio del litio en el mercado mundial, basándose en su gigantesca reserva de sus salares. Por primera vez en la historia del país había una decisión firme de no vender solo materia prima, sino de llegar a la industrialización. Al fin se presentaba una oportunidad, perdidos los trenes de la siderurgia, de la metalurgia y de otras líneas de producción; la demanda de baterías de litio venía creciendo en el mercado mundial y se sentó en el país una política que veía la necesidad de dar el salto hacia la industria.

El proyecto del litio no marchó a la velocidad planificada, las debilidades irresueltas del país se convirtieron en obstáculos casi insalvables. Estructura de un Estado alejado de la producción, burocracia hecha para la corrupción, inexperiencia en gestionar proyectos productivos de magnitud, intereses externos insertos en el país orientados a favorecer a patrones extranjeros han frenado el andar del proyecto del litio.

Un vocero de ACI Systems dijo a Americas Quarterly¹ en un comunicado que “la intención de Bolivia no era encontrar un socio en los mercados más grandes, sino uno que brindara apoyo a lo largo de la cadena completa de creación de valor...”. La compañía agregó que ellos serían responsables de elegir la tecnología apropiada y los socios de mercadeo, así como la capacitación de los empleados bolivianos.

Aunque algunos especialistas pedían la presencia de Tesla en el país, lo cierto es que ninguna empresa norteamericana se presentó a la convocatoria de la empresa estatal YLB. Esto también puede ser una señal de la percepción que se tiene de Bolivia en Estados Unidos. Casi todos los inversores del sector minero tienen mucho temor a invertir en Bolivia, hablan de inseguridad jurídica, de temor a las nacionalizaciones; pero, también, son conscientes de que en Bolivia ganarían menos que en otros países.

“Si ACI Systems puede desafiar las expectativas y producir donde otros no se atreven, entonces Bolivia dará sus primeros pasos reales en un mercado lucrativo

en una década en la que se espera que la demanda de litio crezca significativamente en Alemania y Europa...” afirmó Americas Quarterly.

Dos facetas del proyecto de explotación del litio deben ser observadas y vigiladas de muy cerca: las medidas de protección ambiental y la relación con las comunidades.

Bolivia, a diferencia de otros países, venía desarrollando el sector minero desde antes de su fundación. En el sur del país, la minería ha estado presente por siglos y la relación mina-campo ha funcionado de manera dinámica y sin grandes conflictos. Probablemente, lo que determina la elección de los campesinos sobre cuándo se dedican a una u otra actividad sean los ingresos económicos que percibe por cada una de ellas. El espejismo de la quinua como oportunidad para la generación de ingresos favorables al campesinado altiplánico ha desaparecido, la realidad económica para este grupo de población resulta muy dura; lo que lo lleva a que, cuando en el entorno local se proyecta una actividad minera, es casi seguro que habrá una migración de campesinos al sector minero; inicialmente de manera temporal (los denominados agromineros); pero, más tarde, de forma definitiva.

Resulta extraño que la defensa del medioambiente prevalezca sobre la necesidad de mayores ingresos; las personas piden empleo sostenible y digno, y luego recién defienden otras ideas. Los ejemplos que confirman esta aseveración no son pocos: San Cristóbal, Huanuni, Himalaya, Catavi, Corocoro... los habitantes de las comunidades que consiguen un buen empleo en la operación minera dejan el agro.

El año 2018, tanto el Vicepresidente del Estado como el Gerente de la empresa estatal del litio, en su discurso del 6 de agosto, sorprendieron al país al mencionar que Bolivia iba a exportar, otra vez, materia prima; el anuncio se refería a carbonato de litio e hidróxido de litio que irían a alimentar fábricas de baterías instaladas en otros países. “En el litio, ya producimos carbonato de litio, en los siguientes años vamos a exportar carbonato de litio, litio metálico, hidróxido de litio, hidróxido de magnesio, cátodos, baterías de litio, además de sales de potasio a Europa y Asia”, dijo el Vicepresidente en su discurso del 6 de agosto de esa gestión.

Probablemente, con el ánimo de matizar la decisión de exportar nuevamente materias primas, las autoridades de Estado añadieron: “Hemos recibido algunas ofertas para entrar en asociación con plantas de batería fuera de Bolivia. Es probable que, en algún momento, además

¹ Americas Quarterly, <http://www.americasquarterly.org/content/others-snob-bolivia-lithium-will-morales-gamble-germany-pay> consultada el 16/06/2018

de contar con una industria de baterías hechas en Bolivia, también podemos tener presencia empresarial en plantas de baterías que están fuera del país, principalmente en Asia"... "porque tenemos soberanía en el manejo de recursos. Hay muchas empresas interesadas en garantizar la provisión de carbonato de litio o hidróxido de litio para sus plantas de baterías"... "Si se da la oportunidad, los ingresos que se generen serán mayores y en beneficio del Estado. Asimismo, los recursos humanos, para ser parte o contraparte, serán altamente calificados" (La Razón, 2018).

¿Qué pasó? Se podría deducir que la falta de desarrollo industrial de Bolivia hace muy cara la producción de baterías en su territorio; pues no hay las fábricas que podrían proveer de insumos necesarios en caso de una urgencia ni la mano de obra calificada para manejar la avanzada tecnología que se requiere para la fabricación de esos sofisticados almacenes de energía.

3.1.3 Análisis de los avances alcanzados hasta 2018

Transcurridos 10 años del inicio del proyecto, las críticas en el avance y resultados del mismo fueron contundentes desde actores académicos, especialistas sectoriales y organizaciones de sociedad civil.

En este sentido, resulta importante reflexionar sobre ¿qué fue lo que provocó esta avalancha de críticas? La respuesta a esta cuestión no es simple, ya que conflujo una serie de factores: por una parte, los términos del acuerdo con la empresa alemana ACI Systems para conformar la empresa mixta YLB-ACI SA; por otra, las condiciones políticas en las que llegaba el partido de gobierno a un año electoral, las irregularidades cometidas para habilitar a sus candidatos, las artimañas usadas para colocar en desventaja a los contendores, la manipulación de la voluntad de las personas condicionando el apoyo del Estado a que voten por los candidatos oficialistas; una lista de otras arbitrariedades y el deseo ferviente de ganar las elecciones de octubre de ese año hicieron vulnerable al proyecto del litio. El Gobierno optó por acelerar la firma del contrato para mostrar resultados antes de las elecciones; pero actuaron con poca prolijidad.

En una negociación, donde está involucrada una cantidad de dinero tan grande, no se puede mostrar

Parece que la decisión, en esta partida de ajedrez, se la tomó en otro tablero. "Dios mueve al jugador, y éste, la pieza. ¿Qué Dios detrás de Dios, la trama empieza...?" (Borges, 2021) Lo cierto es que se entregó la dama y la partida está perdida, ¿o la estrategia es genial y esa entrega garantiza que el rey continúe vivo? Sea cual fuere la estrategia, los peones serán sacrificados, los caballos se moverán como lo han hecho siempre y los alfiles tienen la oportunidad de lucirse.

Asimismo, resulta pertinente considerar: ¿Qué mensajes vienen de afuera que hacen cambiar la estrategia? Es sabido que la materia prima más barata para obtener las baterías es, por ahora, el hidróxido de litio. También se conoce que en Puno se descubrió un importante yacimiento de litio que dará hidróxido y no carbonato de litio; así como las elevadas inversiones realizadas tanto en Argentina como en Chile para explotar sus yacimientos de litio.

ninguna debilidad ni prisa y el Gobierno puso en la mesa todo lo contrario, los negociadores europeos supieron aprovechar esa fragilidad boliviana. El resultado fue un acuerdo en el que, a todas luces, la empresa boliviana había cedido demasiado. Los observadores externos, rápidamente, identificaron los detalles criticables: duración del acuerdo, costo de la transferencia de la salmuera residual, pago de regalías, falta de experiencia en el tema baterías por parte de la empresa socia, mecanismo que usaría la empresa alemana para conseguir el aporte que le correspondía en el negocio, monopolio concedido a la empresa mixta, forma de tomar las decisiones en el directorio y otros detalles más.

Para analizar lo que ocurrió hasta el año 2019 se tratará de responder tres preguntas: ¿Qué se había planteado hacer y cuál era el avance esperado? ¿Los resultados tienen la calidad ofrecida? ¿La estrategia definida funcionó? A la luz de estas preguntas se analizará la realidad del proyecto, considerando que solo hay una fuente de información y un bajo nivel de autocritica de parte de ella.

Después de 17 años del arranque del proyecto, ¿qué se había planteado hacer y qué se consiguió?

¿Qué se había planteado hacer?	¿Qué se puede observar?
<ul style="list-style-type: none"> • Gigantescas piscinas de evaporación, impermeabilizadas, en el salar. • Un campamento en Llipi. • Una planta piloto de producción de cloruro de potasio (KCl) en el sur del salar. • Una planta piloto de carbonato de litio (Li_2CO_3) en el sur del salar. • Una planta gigantesca de producción de KCl en el sur del salar con capacidad de entregar 700 mil toneladas de producto al año. • Una planta para producir 30.000 toneladas por año de Li_2CO_3 en el sur del salar. • Una fábrica piloto de producción de baterías de litio en La Palca. • Una fábrica piloto de producción de material catódico en La Palca. • Un gran edificio del centro de investigación de todo el proyecto. • Instalaciones de observación en el salar de Coipasa. • Recursos confirmados y estimados de litio en el salar de Uyuni. • Cientos de trabajadores/as en las distintas instalaciones. • Equipos y maquinarias en todas las plantas. • Procesos productivos en marcha en las plantas de Llipi y La Palca. • Técnicos y técnicas jóvenes en todas las plantas productivas. 	<ul style="list-style-type: none"> • 78 de 160 piscinas planificadas en funcionamiento. • Una planta para producir 350 mil toneladas de cloruro de potasio al año en funcionamiento. • Una planta de Li_2CO_3 ya terminada y funcionando, para producir 15 mil toneladas al año. • Un campamento montado en Llipi. • Rutas de acceso al proyecto. • Una fábrica piloto de baterías de litio en La Palca. • Una fábrica piloto de material catódico en La Palca. • Un centro de investigación instalado y moderno en La Palca. • Un contrato roto con una empresa alemana para recuperar el litio. • La planta de cloruro de potasio produciendo la quinta parte de su capacidad instalada, siete años después de su puesta en marcha. • La planta de carbonato de litio produciendo la décima parte de su capacidad instalada, un año y medio después de su inauguración. • Más de la mitad de las piscinas abandonadas. De las 20 líneas programadas, menos de la mitad funcionando plenamente. • Decisión del Gobierno de incursionar en nuevas tecnologías para recuperar el carbonato de litio. • Dos contratos firmados, uno con una empresa rusa y otro con un grupo chino, cuestionados por la sociedad y paralizados en la Asamblea Legislativa.

¿Por qué se ha llegado solo hasta el punto actual?

En primer término, el plan resultó ser demasiado ambicioso para un país que no tiene la industria básica desarrollada ni la cantidad suficiente de personal calificado para manejar todos los niveles del proyecto; pero también resaltan factores de capacidad de gestión y administración. La COMIBOL, que no fue refundada por decisión del Gobierno anterior, retrasó las gestiones del proyecto porque su estructura era más de una empresa en liquidación que de una empresa productiva.

La toma de decisiones sin consultar a las comunidades aledañas al proyecto, que esperaban de la explotación de este rico recurso natural algo de bienestar, empleo e ingresos, fue otro factor determinante, al igual que la falta de una autocrítica.

Antes de la renuncia del expresidente Evo Morales, todos los frentes del proyecto funcionaban, no a la velocidad deseada; pero marchaban. Pocos meses después, con los cambios de autoridades, las improvisaciones, la pandemia y las luchas internas del nuevo Gobierno, el proyecto quedó paralizado.

De no haberse dado los acontecimientos de fines de 2019 y el impacto de una pandemia de dimensión mundial, se habría completado la construcción y puesta en marcha de las 160 piscinas y las fábricas de cloruro de potasio y de carbonato de litio estarían produciendo a su capacidad y calidad programadas.

Probablemente, el centro de investigación de La Palca seguiría con su programa de búsqueda de soluciones a varios problemas técnicos de los métodos usados en



producción. La fábrica piloto de baterías continuaría con su plan de capacitación y de producción a escala piloto, al igual que la planta de producción de material catódico. La empresa mixta boliviano alemana habría consolidado su constitución y la empresa alemana habría logrado el aporte que le correspondía de capital, de tecnología y de mercado, y estaría comenzando la producción de hidróxido de litio.

Pero los problemas ya detectados seguirían latentes: el proceso de obtención de la salmuera concentrada en litio seguiría siendo lento y con baja recuperación del metal por las características de la salmuera, la ubicación del salar y la tecnología usada. El pueblo potosino seguiría reclamando por una regalía más alta, porque la empresa mixta pague regalía y un mejor precio por la salmuera residual del proceso de obtención del carbonato de litio.

Es decir, había problemas y había que resolverlos para que el proyecto continuase su ejecución; pero lo más importante era si realmente era factible llegar hasta la producción de baterías y en qué condiciones.

Si bien sería posible montar una planta que fabrique baterías en el país, los productos difícilmente tendrían precios competitivos en el mercado internacional. Primero porque en la fabricación de baterías, el litio representa una mínima parte y eso era lo que Bolivia podía aportar; el resto de los componentes tendrían que ser importados de diferentes países porque, si hay algo que marca el retraso boliviano, es que no se produce localmente lo básico para alimentar a una industria especializada y de alta tecnología, por lo que el costo de producción sería más elevado que en EEUU, China o Europa. Segundo, el mercado para esa producción estaría en el extranjero y exportar las baterías les añadiría un costo que, sumado a los ya mencionados, daría como resultado un precio de batería mayor a los de la competencia;

y dado el escaso aporte local, el beneficio mayor sería para los proveedores de insumos.

Probablemente con el propósito de mejorar esta situación, surgió una propuesta para montar 41 fábricas en el país para que entreguen esos insumos a la fábrica de baterías; y si en ese momento esa propuesta sonaba inviable, en el contexto actual es aún peor; aunque fuese la empresa privada o varias las que pongan en marcha estas fábricas en el país. Lo complicado es la sincronización para que todas lleguen a tiempo, la ubicación de éstas, toda la logística que implica el montaje de tanta fábrica, la provisión de energía, la provisión de agua, el depósito de los residuos y otros detalles adicionales.

¿Es inviable la fábrica de baterías en el país? La respuesta es afirmativa, al menos en el corto plazo.

¿Cuál sería la estrategia para ganar con el metal litio? Lo primero es mantener firme el propósito de producir baterías; lo segundo, determinar qué insumos se pueden fabricar en el país, tomando en cuenta los factores mencionados arriba. Organizar un proceso de mediano plazo para la puesta en marcha de estas plantas; mientras tanto, producir carbonato e hidróxido de litio y exportar estos productos, al igual que las sales de potasio y de magnesio. Cuando se tenga la producción de los insumos, montar la fábrica de baterías con una capacidad de producción que responda a la demanda y en alianza con un socio que asegure el mercado y la tecnología, y con la gobernación de Potosí como parte de la sociedad.

Esta estrategia plantea una salida temporal contraria a los intereses nacionales iniciales; pero que puede orientar el proyecto hacia las baterías. Esta medida es casi imposible de evitar porque la producción de carbonato de litio, en dimensión industrial, está en marcha y es ineludible producir hidróxido de litio a partir de la salmuera residual

de la planta de carbonato porque, si no se procede así, el proceso integral sería altamente ineficiente. Lo positivo de esta estrategia es que el efecto multiplicador de la industrialización se lo concretaría en el país.

No es la única estrategia que se puede seguir para aprovechar de la mejor manera posible la riqueza de los salares. Otra es la que se mencionó repetidamente cuando se constituyó la empresa mixta YLB-ACI SA: que YLB monte una fábrica de baterías en un país que pueda proveer todos los insumos necesarios, a precios competitivos y que esté cerca del mercado. Esto implicaría que se llevaría el litio desde Bolivia (como carbonato o hidróxido) y se compraría el resto de los insumos en el mercado del país donde se instale la fábrica. Las baterías serían vendidas en esa región y, de esta manera, se reducirían significativamente los costos de importación de insumos, de exportación de los productos y el tiempo de ingreso al mercado de las baterías.

La desventaja de esta estrategia es que se genera empleo en el extranjero y el efecto multiplicador mayor se lo materializa en el país anfitrión.

En síntesis, la tercera fase –la industrialización– es una fase en la que se precisa de una gestión altamente eficiente, de un liderazgo inteligente, de una visión común, de personal calificado, de un plan factible y de recursos inmediatamente disponibles. Todo esto dentro de un marco vital, la convergencia de ideas e intenciones de la población.

Para que cualquiera de las estrategias funcione adecuadamente, lo más importante es la calidad y la cantidad

de la materia prima principal, el hidróxido o el carbonato de litio. Esto obliga a revisar las fases previas y ver su nivel de eficiencia.

La dirigencia del proyecto hasta el año 2019 se empeñó en salvar las dos primeras fases con tecnología propia, capital y personal bolivianos. Esto es digno de reconocimiento, sobre todo porque es una decisión altamente soberana y única en la historia. Además, permitía ahorros importantes porque evitaba la compra de tecnología (cara en este terreno). Sin embargo, poniendo en la balanza la relación costo–beneficio, se puede ver que esta determinación ha demorado la producción de carbonato de litio de alta pureza, además, se sabía que el nivel de recuperación sería bajo y que se tendría que pensar en alguna salida para mejorarla.

Los países a los que el comité científico del proyecto invitó a investigar sobre la tecnología a aplicar en las primeras fases ofrecieron varias alternativas, por las que había que pagar un precio; pero con rendimientos mucho mejores y, en algunos casos, con la producción de hidróxido de litio. ¿Por qué se las descartó y se insistió en la vía propia?

La respuesta hay que ubicarla en el ámbito ideológico–político. Los líderes se aferraron a la política definida de soberanía y de autonomía en las primeras fases, sosteniendo que los técnicos locales eran capaces de encontrar la tecnología apropiada para aquellas. Incluso cuando las investigaciones llevadas a cabo en otros centros técnicos del mundo mostraban que, con las condiciones de la salmuera y del salar, no se conseguirían buenos resultados, se insistió en la tecnología propuesta desde el comienzo de la ejecución del proyecto.

Entre las ofertas alternativas había la recuperación por precipitación, la precipitación y control de impurezas, la extracción de litio sin evaporación, adsorción y desorción, y otros.

Los costos operativos de estas opciones se veían compensados con los elevados niveles de recuperación, a decir de los proponentes. Habría que calcular los costos de instalación de la infraestructura y del equipamiento para ver si la inversión sería mayor o menor a la de las piscinas y las plantas asociadas. Aparentemente, algunas de las mayores dificultades con las que tropieza el método actual serían superadas por alguna de estas alternativas.



Es verdad que se pierde soberanía al adquirir tecnología en lugar de desarrollarla; pero se estaría enfrentando la misma situación que en la tercera fase donde, ineludiblemente, se deberá buscar una socia que provea tecnología y mercado. Los equipos de investigación nacionales trabajarían sobre esas tecnologías, adaptándolas y mejorándolas, para buscar optimizaciones que nos harían más fuertes.

La búsqueda de socios debe ser muy exigente. No se trata de asociarse con una empresa que solo promueva la captación de capital. Se procura tener socios con gran respaldo que aseguren mercado, tecnología, sostenibilidad y buenos beneficios para el país.

La evaluación técnica del proyecto es bastante negativa:

Se proyectaron 160 piscinas, distribuidas en 20 líneas. Cada línea tiene 8 piscinas y se procesan en ella 750.000 m³ de salmuera. La piscina más grande de cada línea tiene un área de 30 hectáreas. Las 160 piscinas cubrirían un área de 25 km². De cada línea se extraen 17.500 T de KCl y 450 T de Li₂CO₃. Si estuvieran funcionando bien solo 9 líneas, lo máximo que se puede obtener es 157.500 T de KCl y 4.050 T de Li₂CO₃, considerando una eficiencia de 20% para la recuperación del litio.

Si estuvieran listas las 160 piscinas, se podrían procesar 15 millones de m³ de salmuera, logrando las 350.000 T de KCl y 9.000 T de Li₂CO₃. Para lograr las 15.000 toneladas programadas se debe subir la eficiencia a más de 30% de recuperación. Otro aspecto muy delicado es la pureza de ese carbonato. Para exportar a las fábricas de baterías la pureza debe ser al menos de 99,5. Este podría ser un problema difícil de resolver en la planta de carbonato inaugurada a fines de 2023.

Pero el 2019 ocurrió algo poco conocido y que podría haber cambiado la historia del proyecto. De acuerdo con fuentes del sector que pidieron reserva, en Estados Unidos se puso a la venta una fábrica china de baterías que había estado funcionando durante una década y con la cadena de suministro asegurada, así como la de comercialización. Esa fábrica había tenido una inversión de 500 millones de dólares y se la vendía en 33 millones. Negociando, se podía haber logrado desmontar, trasladar, volver a montarla y hacerla funcionar en Bolivia por un valor estimado de 48 millones de dólares. El Gobierno envió un observador a ver la planta y, finalmente, rechazó la oferta. Todo esto sucedió entre febrero y junio de ese año.

Un resumen de la visita de un representante, realizada a la fábrica mencionada, indica:

- Dueño: A123 Systems.
- Condición: Excelente.
- Estado: Funcionando.
- Capacidad instalada: 6.000.000 celdas prismáticas/año correspondiente a 1,5 Gigawatt/hora de almacenaje.
- Tecnología: Moderna – celdas prismáticas con ánodos de grafito sobre cobre, y cátodos de litio-hierro-fosfato sobre aluminio, con electrolito de dimethyl carbonate (ECM) y floro-fosfato de litio (LiPF₆).
- Flexibilidad: Puede utilizar material catódico de diferentes composiciones, según la aplicación del cliente final.
- Año de instalación: 2010
- Repuestos: Sí, para las dos plantas.
- Mejoras y *upgrades* a *software*: continuas mejoras al *software*. Muchas mejoras al *hardware* y las máquinas, a través de una década de operación.
- *Software*: Propio de A123 Systems
- Costo original: \$us 500 millones
- Precio de ocasión: \$us 33,5 millones
- Fecha límite para ofertas: 12 de junio de 2019. Fecha imposterizable.
- Son dos fábricas que en su conjunto producen baterías de litio. La primera fábrica produce los cátodos y ánodos en forma de rollos. La segunda fábrica produce las celdas prismáticas y los arma en baterías. Pueden producirse baterías de muchas clases, desde baterías pequeñas de arranque, baterías medianas para vehículos eléctricos, hasta baterías enormes de almacenaje para redes.

La tecnología que se emplea es moderna. Los productos cumplen normas estrictas de calidad. Por ejemplo, las baterías de arranque que estaban fabricándose el día de la visita son para la empresa Daimler, que produce autos de la marca Mercedes Benz. Las altas exigencias de calidad de la Daimler (Mercedes Benz) son conocidas en el ámbito mundial.

En esa fábrica se importaban varios insumos y se aportaba localmente otros. Lo mismo podría haber ocurrido en Bolivia de contar con una industria básica local.

3.1.4 Año 2020

El año de la pandemia del COVID 19 fue perdido para el proyecto. El cambio de Gobierno, poco antes de declararse la enfermedad en todo el mundo, trajo consigo cambios improvisados que desestabilizaron la continuidad de la gestión y que no contribuyeron a la consolidación de lo avanzado hasta fines de 2019.

Existe una investigación en curso sobre las piscinas de evaporación; pero es evidente que antes de 2020, hubo problemas de sincronización y de construcción de las piscinas. Durante ese año, no se avanzó en la ejecución del proyecto.



3.1.5 Año 2021 hasta el presente

La línea de tiempo esquematiza los principales hitos en el proyecto del litio a partir del año 2021.



En marzo de 2021, el Gobierno organizó un evento en el que expertos sobre la Extracción Directa de Litio (EDL), sin pasar por la evaporación en piscinas, expusieron esas tecnologías. Al terminar, inmediatamente, se convocó a empresas internacionales para que propusieran sus tecnologías, con el fin de sustituir la técnica que se está usando en el proyecto, actualmente.

Se presentaron 19 empresas; pero los criterios de selección fueron muy amplios y no sirvieron para hacer una selección. Solo se pidió que logaran una recuperación

mayor a 80% del litio extraído y que el tiempo de procesamiento fuera menor que el tiempo de las piscinas.

Los plazos proyectados no se cumplieron. El 20 de enero de 2023, el Gobierno anunció la firma de un acuerdo con el grupo chino CBC para la aplicación de una EDL en la explotación de la salmuera del salar de Uyuni. Se anunció que el contrato se firmaría hasta medio año; pero esto no se concretó. Luego se informó sobre otro acuerdo parecido con una empresa rusa, que tampoco pudo pasar a nivel de contrato en ese año.

La razón está en la Ley N° 928 de creación de la YLB. El párrafo III del artículo único de esa ley establece que, hasta la obtención y comercialización de la materia prima (carbonato, hidróxido o cloruro de litio), YLB trabajará sola.

El Gobierno intentó cambiar esta situación con otra ley. A través de los comités cívicos de Oruro y Potosí que deseaban mejorar las regalías (sobre todo viendo las extraordinarias cotizaciones del carbonato durante el año 2022), promovió una ley del litio en la que se anulaba la

exclusividad de YLB y abría la posibilidad de conceder derechos de explotación, como ocurre con otros minerales.

Durante los primeros meses de 2024, el Gobierno mostró un giro en su estrategia, firmando contratos para la construcción de plantas piloto; pero, en el segundo semestre, sorprendió firmando un contrato con la empresa Uranium One Group de Rusia y otro con el grupo chino CBC, ambos bajo el frágil amparo del artículo 15 de la Ley 1546 (Ley Financiera para 2024).

Se han hecho críticas a estos contratos suscritos, los cuales, para su ejecución, deben ser aprobados mediante leyes en la Asamblea Legislativa:

- El proyecto ruso no encaja con el proyecto que ya se viene desarrollando.
- Los criterios usados para calificar a la empresa Uranium son muy amplios (recuperación de Li de más de 80% y tiempo de tratamiento inferior a dos años).
- No se habla de tipo de residuos ni cantidad.
- Se calculan los ingresos con una cotización que está muy lejos de la actual (la cotización de los últimos meses oscila entre 9.000 y 10.000 \$us/T Li_2CO_3). En las estimaciones aparece 26.000 \$us/T Li_2CO_3 .
- En el proyecto chino hay dos plantas: una para recuperar el litio a partir de la salmuera enriquecida en las piscinas del proyecto actual y otra para tratar salmuera pura con una tecnología EDL.
- En caso de que la planta actual no logre entregar la salmuera enriquecida suficiente a la planta china, ésta procesará salmuera fresca, modificando sus instalaciones a costa de YLB.
- En el informe técnico de YLB hay una estimación del costo. Más de 13.000 dólares la tonelada de carbonato de litio para cada una de las plantas propuestas por el grupo chino CBC.
- Por cada tonelada de carbonato de litio producida en las plantas chinas, YLB debe pagar a CBC \$us 1.700. Esto significa que, en los 30 años que duraría el contrato, YLB pagaría 1.785 millones de dólares, si se cumple la producción programada.
- Más que una inversión extranjera, se trata de un crédito caro. En el contrato con CBC, la tasa de interés se fija como un promedio de tasas de interés de tres bancos comerciales internacionales que pudiesen prestar 1.030 millones de dólares a Bolivia, sin garantías, con una calificación de riesgo país extrema y con una tecnología no probada. YLB estimó que esta tasa sería del orden de 12% anual. Analistas económicos estiman que esta tasa rozaría el 20%.
- No se menciona la generación de subproductos ni su aprovechamiento, ni la existencia de elementos valiosos acompañantes del litio.
- Un análisis comparativo entre el proyecto actual, los contratos firmados y la oferta coreana muestra los siguientes datos:

	YLB	CBC	Uranium	Corea
Inversión (millones \$us)	886	1.030	976	250
Producción Li_2CO_3 (TPA)	15.000	35.000	14.000	30.000
Producción KCl (TPA)	350.000			250.000
Producción H_3BO_3 (TPA)				30.000
Producción MgO (TPA)				180.000

Fuente: Elaboración propia a partir de información de los contratos, memorias de YLB y propuesta de Corea.



Viendo la información de esta tabla, surgen varias preguntas y dudas. Las inversiones de YLBy de la empresa rusa y del grupo chino son similares; pero la producción es muy diferente; la productividad del proyecto ruso es inferior al resto. Pero lo más llamativo es lo que propuso Corea el año 2010; con una inversión muy pequeña, los resultados ofrecidos son mucho mejores que los de las otras alternativas. ¿Por qué fue descartada?

Adicionalmente, el contrato con Uranium One Group tiene algunos elementos que deberían realizarse y que podrían conducir al incremento de los costos, como la cuantificación de algunas impurezas en la salmuera.

Al margen de estos dos contratos, ya se percibe la política del Gobierno para la explotación de los recursos evaporíticos del país: la industrialización ha quedado al margen, ahora se apunta a producir materia prima y comercialarla lo más pronto posible con el objetivo de que el nivel central pueda contar con divisas e ingresos fiscales.

Esto implica dejar a un lado el proyecto anterior y centrarse en las alianzas con potencias que demandan el carbonato de litio y que poseen tecnologías para extraer el litio en plazos cortos y con una recuperación elevada.

Se dice que la contaminación de estas tecnologías es menor a la de las piscinas, así como el consumo de agua. Todavía no se ha presentado las tecnologías que se usarán ni las estimaciones de los parámetros operativos. La CEPAL llevó a cabo un estudio sobre las EDL donde se tiene referencias sobre el uso y consumo del agua (Bunel E. E., 2024).

El año 2008, cuando el Gobierno anunció que se industrializaría el litio y que se rompería el ciclo sin fin de exportar materias primas, provocó la adhesión de la mayor parte de la población que comprendía la realidad de la dependencia del país. Sin embargo, como otras veces en el pasado, hubo voces que criticaron rápidamente la posición guber-

namental; buscaban la llegada de empresarios extranjeros para sacar adelante el proyecto porque consideraban que en Bolivia no se podía generar la tecnología básica para recuperar el litio de la salmuera del salar. La industrialización fue descartada por éstos de inmediato.

El propósito del Gobierno significaba un desafío único en la historia del país. Para empeorar la situación, los últimos 20 años habían sido catastróficos para la formación de talento humano dedicado a ingeniería metalúrgica, minera o geológica. Los informes de las principales facultades de ingeniería del Estado eran claras, muy pocas personas dirigían sus pasos hacia el sector minero.

Cuando se lanzó el proyecto del litio, el país comenzaba a vivir uno de sus periodos de mayores ingresos, gracias a la exportación del gas y esto proporcionaba muchas facilidades al financiamiento de proyectos estatales. Así, tres años después se aprobaba un crédito del Banco Central de Bolivia para poner en marcha el proyecto del litio en todas sus fases.

Años antes, cuando el proyecto empezaba a tomar forma, Bolivia había lanzado un llamado a la comunidad internacional pidiendo ayuda para la identificación de la tecnología adecuada para obtener la materia prima contenida en la salmuera del salar. Varios países llevaron muestras de la salmuera de Uyuni. El año 2009, se constituyó un comité científico para orientar el desarrollo técnico del proyecto en el que debían participar representantes de los ministerios e instituciones de investigación. Una de las políticas que definían su alcance y funcionamiento era la que determinaba que, hasta la obtención de la materia prima, y desde la extracción de la salmuera, solo podían participar entidades nacionales.

El proyecto de industrialización de las salmueras de los salares bolivianos fue impulsado por las organizaciones sociales de la región del suroeste boliviano. La Federación Regional Única de Trabajadores y Campesinos del

Altiplano Sur (FRUTCAS) piloteó la demanda regional y su relación con una empresa que operaba en la región le ofreció el camino hacia la concreción de un sueño largamente ansiado.

El proyecto inicial fue elaborado por técnicos de esa empresa y, revisado por un asesor de la Cámara de Diputados, fue presentado al presidente del Estado. Este proyecto inició un camino que ilusionó a la mayor parte del pueblo boliviano.

ANTECEDENTES DEL PROYECTO DE EXPLOTACIÓN DE LAS SALMUERAS

Desde la constitución de la república boliviana, el rol que desempeñó fue de proveedora de materias primas, transfiriendo su riqueza al extranjero en condiciones absolutamente desfavorables para el país. Adicionalmente, por diversas traiciones internas y presión externa, desde comienzos del siglo XX, Bolivia dejó de producir los insumos que precisa la minería y tuvo que importarlos. Hoy, más de 70%, en valor, de esos insumos se importa y la contribución local se reduce, casi exclusivamente, a servicios, con un efecto multiplicador local mínimo.

El paso hacia la industrialización le cuesta mucho al país. Los grandes intereses externos que aprovechan las materias primas bolivianas obstaculizan esta intención, enérgicamente. La historia de la fundición de estaño ENAF es un ejemplo de la obstaculización que enfrenta el país en su propósito de industrializar sus recursos naturales.

A este panorama complicado se suma el hecho de que, poco a poco, Bolivia dejó la industria básica a un lado. No se producen los insumos que se requieren para montar fábricas o empresas productivas que añadan valor a los recursos naturales. Peor todavía, uno de los insumos fundamentales de la industria, el ácido sulfúrico, es considerado un precursor de la fabricación de drogas y su uso y consumo están fuertemente controlados, atemorizando a posibles emprendedores.

Para terminar de configurar el panorama desolador del punto de partida del proyecto del litio, desde 1985, la cantidad de estudiantes que incursionaron en las carreras del sector minero metalúrgico decayó hasta casi cero, dejando al país inerte para encarar un proceso de aprovechamiento de la explotación de sus recursos naturales.

RUTA DEL PROYECTO

Investigaciones de los años 80 mostraron que el salar de Uyuni tenía grandes recursos de litio; pero que

se debía precisar su explotabilidad para ser consideradas reservas. La empresa YLB realizó parcialmente esta tarea el año 2018. Contrató a una empresa extranjera y ésta concluyó que, en el entorno del delta del Río Grande, la reserva de litio es de 2 millones de toneladas. En el resto del salar hizo un análisis más disperso que no puede confirmar la existencia de litio como reserva; pero que, como recurso, alcanza a más de 19 millones de toneladas.

Las características de la salmuera del salar y la posición geográfica de éste no son las ideales para encarar un proceso económicamente rentable. La concentración del litio es baja (más baja que en todos los depósitos de litio de los países vecinos), la relación de magnesio/litio es mucho más alta que en otros salares (esto dificulta los procesos sencillos y baja la recuperación y la calidad de los productos), la precipitación pluvial es mayor que en otras regiones y encarece los métodos más sencillos de evaporación natural de la salmuera.

Ante esta perspectiva, la COMIBOL constituyó un comité científico para encontrar las mejores salidas. Éste convocó a instituciones, investigadores y países interesados para hacer pruebas con la salmuera de Uyuni para proponer alternativas tecnológicas que orientasen al proyecto para definir su estrategia de extracción del litio.

El interés de los participantes en estas investigaciones quedó claro desde el comienzo, colaboraban; pero querían, en retribución, adquirir la materia prima para industrializarla en sus territorios. La posición boliviana fue firme respecto a que la industrialización debía producirse en Bolivia.

Sin embargo, llegaron interesantes propuestas para enfrentar las características del depósito de litio. Por ejemplo, se planteó un método de evaporación forzada con el objetivo de permitir la producción a escala industrial y, al mismo tiempo, evitar el uso del método convencional de evaporación natural que requiere periodos prolongados, además de ocasionar pérdidas importantes de litio; aplicaba una tecnología de separación, capaz de eliminar simultáneamente las principales impurezas (Mg, SO_4 , B) para aumentar la eficiencia del proceso de producción y la viabilidad económica; se había diseñado el proceso por varias etapas de evaporación de baja tasa de enriquecimiento y una tecnología adecuada para la fabricación de carbonato de litio en salmueras con concentraciones bajas, para disminuir el costo energético; para aumentar la recuperación del litio se había desarrollado una tecnología capaz de reciclar y reutilizar eficientemente la solución de precipitados, filtrados de reacciones y filtrados de lavados, incluidos dentro del

proceso. Otra propuesta planteaba un proceso de precipitación y control de impurezas mediante la aplicación de adsorbentes selectivos y que tiene una configuración de proceso simple, a través de la concentración de iones litio en la solución. Otra propuesta planteaba la extracción de litio sin procesos de evaporación; tenía como tecnología principal la capacidad de extraer litio sin la evaporación y producía una solución de alta concentración de litio en la que está disuelto el litio de alta pureza. En el proceso se obtenía los componentes de litio de alta pureza de más de 99,9% al minimizarse las impurezas en el proceso de concentración de la salmuera y recuperación de litio, y al maximizarse la tasa de recuperación de litio; además, este proceso, al extraer los iones disueltos en la salmuera permitía añadir un valor agregado a los productos secundarios y minimizaba los procesos adicionales para el reciclaje de éstos. El proceso lograba la extracción individual de Mg, Ca y B utilizando el método de precipitación; la extracción de fosfato de litio de alta pureza sin pasar por la evaporación; la generación de una solución con alta concentración de lito de alta pureza por medio de la redisolución del fosfato de litio y la separación de litio por electrólisis y la fabricación de hidróxido del litio o carbonato de litio de alta pureza. Sin embargo, todas estas tecnologías eran válidas en laboratorio, ninguna había sido utilizada industrialmente.

A pesar de esto, los responsables del proyecto insistieron en la tecnología convencional que es, sin duda, más barata; pero que da resultados más pobres. Por las características de la salmuera, con esta tecnología no se puede esperar una recuperación de litio ni siquiera de 30%; hay autores que afirman que la máxima sería del orden de 15%.

Es cierto que las otras tecnologías estaban condicionadas; pero las diferencias de rendimiento y velocidad ameritaban una negociación para adquirirlas minimizando las condiciones.

El financiamiento del proyecto corría por cuenta de COMIBOL, inicialmente, y por un crédito del Banco Central de Bolivia para la mayor parte. La lenta gestión para desembolsar éste ha provocado demoras significativas a la ejecución del proyecto, hasta el punto en que se decidió retirarlo del sector minero creando la YLB, dependiente del Ministerio de Energías. Esta determinación, si bien muestra la resolución de llegar a la fabricación de baterías, no coincide con la realidad porque, por lo menos en los próximos 10 años, el proyecto seguirá en el terreno de la minería, además que el litio, en esencia no es más que un componente de los almacenes de energía. Si se siguiera, fielmente, esa lógica, lo que seguiría sería que

toda la explotación de zinc, por ejemplo, también debería pasar al sector de energía porque se hacen baterías de zinc; lo mismo debería ocurrir con el plomo. Pero lo peor llegó más tarde cuando se disolvió el Ministerio de Energía y ese sector fue transferido a hidrocarburos. Ahora la YLB está en un sector ajeno a su realidad.

En minería, los proyectos tienen larga maduración. Es normal que ésta dure unos 25 años (desde el descubrimiento del yacimiento hasta la explotación rentable del recurso) (Peñailillo, 2009). Por esto, en el medio minero-metalúrgico, los 12 años transcurridos desde que se tomó la decisión de industrializar las salmueras no provocaron alarma. Pero éste no es el caso de la población en general que, ante los mensajes demagógicos del Gobierno, han anhelado lograr la fábrica de baterías desde hace años.

En un momento, los directivos del proyecto perdieron contacto con las bases que lo habían impulsado y comenzaron a tomar decisiones inconsultas. Este tiempo coincidió con la presión política por mostrar resultados para lograr una reelección y los errores se sucedieron uno tras otro. Las decisiones que se tomaron en ese contexto reflejan más necesidad política que respaldo técnico.

Las tres fases del proyecto parecen coherentes y racionales; pero cronológicamente descoordinadas. Teniendo la seguridad de llegar hasta la batería, la construcción y puesta en marcha de las fábricas de insumos debía arrancar al mismo tiempo que la construcción de las piscinas; es decir, la fase tres debía correr desde el inicio del proyecto. El desarrollo de minas de cobalto y su explotación hasta obtener los insumos que requieren las baterías debía haberse iniciado antes de hacer el primer pozo en el salar.

En síntesis, la estrategia diseñada era adecuada; pero la gestión del cronograma ha perjudicado la ejecución de aquella. La pérdida de contacto con las bases y las decisiones influenciadas por la presión política han destruido la imagen del proyecto y la percepción que tenía la población de él. La decisión de Morales de anular el decreto de constitución de la empresa mixta por la presión del Comité Cívico de la ciudad de Potosí para conseguir un apoyo político en un momento de crisis terminó por colocar al proyecto en estado crítico.

Buscar y conseguir un aliado adecuado, cuando se tienen serias limitaciones para negociar en igualdad de condiciones, es tarea casi imposible. Es evidente que costaría mucho llevar adelante la fase de industrialización con ventajas para el país sin alianzas con socios que aporten con tecnología, mercado y capital; sobre todo porque, en la tradición minera, la tecnología y el capital son sobrevaluados respecto al recurso natural.

POLÍTICA DEL PROYECTO DEL LITIO

Por primera vez, en Bolivia, apareció un proyecto que pretendía ir más allá del extractivismo y proponía revertir la nefasta situación de la minería. Se planteaba llegar, al fin, a la industrialización de una materia prima abundante y, para que los costos no fueran altos y se concretara realmente la inversión del efecto multiplicador, producir en Bolivia la mayor parte de los insumos que requiera la industria.

La concreción de esta política es de las situaciones más complejas que se han visto en gestión del país. Los factores son varios: la escasa disponibilidad de talento humano para administrar un proyecto de tal magnitud, el nulo desarrollo industrial del país que obliga a importar hasta lo más elemental para que funcione un proyecto de la dimensión de éste, los intereses geopolíticos que se anidan en el aprovechamiento de las materias primas, la osadía de intentar montar una planta con la tecnología más avanzada del mundo en un país que se quedó más de un siglo atrás en este terreno.

A estos factores se añaden dos propios de la salmuera del salar de Uyuni: la concentración de litio es baja y la proporción de magnesio respecto al litio, demasiado alta. Estos dos factores movieron a los analistas del mundo a considerar que la salmuera de Uyuni no podía ser considerada como reserva de litio ya que, en esas condiciones, lo máximo que puede recuperarse del litio es 15% (Welham, 2019).

Y hay un tercero que corresponde al cambio climático. La cantidad de días de lluvia de la zona. Ésta ha incrementado mucho en los últimos años. En todo el mundo, hacer evaporar el líquido de las salmueras con la energía solar

es la técnica más usada por ser la más económica; sobre todo por la gran cantidad de líquido que debe evaporarse.

¿En qué consistía el proyecto del litio o de industrialización de los recursos evaporíticos de los salares bolivianos? El objetivo que se había planteado el Gobierno era obtener baterías de ion litio a partir de las salmueras de los salares nacionales y venderlas en el mercado internacional.

Estas baterías, muy comunes en estos tiempos, son el resultado de un avance tecnológico sensacional para almacenar energía solar o eólica que sustituya las fuentes de energía petroleras.

A diferencia de las gasolinas, el litio no genera energía. Las baterías de litio son almacenadores de energía y entregadores de ésta a requerimiento de los usuarios. Es decir, necesitan cargarse; por tanto, tiene que haber una fuente de energía externa que la acumule en la batería para que ésta cumpla su función de proveedor de energía. Hubo muchos intentos para fabricar este tipo de baterías con elementos distintos al litio; pero la que mejor resultado ofrece es la de litio por su bajo peso, la velocidad de carga, la estabilidad en la descarga y la cantidad de veces que puede ser recargada.

El papel del litio es esencial en el funcionamiento de la batería; pero hay otros componentes importantes sin los cuales no podría darse el proceso. Uno de ellos es el denominado material catódico, sobre cuya composición hay, cada vez más, nuevos descubrimientos. La descripción técnica a continuación ha sido extraída del manual de procesamiento de minerales de la SME (SME, 2019).

El mayor uso expansivo del litio se encuentra en las



baterías recargables de iones de litio, que se produjeron comercialmente por primera vez en 1991. Este tipo de batería tiene numerosas ventajas sobre otras baterías recargables, incluida una mayor densidad de energía, mayor voltaje de celda, una baja tasa de descarga durante el almacenamiento, baja histéresis, altas corrientes de descarga y altas corrientes de carga. La batería consta de un electrodo de grafito, un electrodo de óxido y un electrolito orgánico que contiene sales de litio. Existen muchas variaciones de batería clasificadas principalmente por la composición del óxido.

El componente principal de la fase de óxido puede ser óxido de litio-cobalto, fosfato de litio-hierro u óxido de litio-manganeso; estas estructuras de óxido pueden modificarse con sustitución parcial por diferentes metales. Durante la carga, el litio se reduce de monovalente a metal y se almacena por intercalación entre las láminas del electrodo de grafito. Al descargarse la batería, el metal de litio se oxida al reaccionar con el electrodo de óxido, liberando energía.

Es importante evitar problemas de seguridad evitando la entrada de humedad al diseñar y envasar productos que contengan litio metálico. Debido a que es necesario disipar el calor durante la carga y descarga, especialmente a altas corrientes, los vehículos eléctricos generalmente usan numerosas baterías relativamente pequeñas combinadas en módulos para aumentar la superficie. Por ejemplo, la batería Tesla S (85 kW) consta de 7.104 baterías separadas y conectadas entre sí, mientras que la batería Tesla Modelo 3 (50 kW) tiene 2.976 celdas individuales.

En el mundo hay tres formas en las que se encuentra el litio, salmueras, arcillas y rocas. Sin embargo, los yacimientos más importantes son las salmueras por el bajo costo de obtención del litio a partir de ellas en comparación con el costo de extracción de los yacimientos rocosos.

Los depósitos de salmuera se forman por la evaporación continua del agua de una cuenca cerrada hacia la que fluye el agua salada. La entrada de agua salada debe ser menor que la evaporación del agua para aumentar la concentración de sal. Con el tiempo, la concentración de sal en el agua aumenta hasta que se produce la cristalización de las sales menos solubles, formando una costra en la superficie de hasta varios metros de espesor. Las sales de litio, que se encuentran entre las más solubles, generalmente no cristalizan, sino que permanecen en una solución concentrada de salmuera. Los procesos naturales que formaron el lago han dado como resultado la deposición de sedimentos sueltos que varían en tamaño desde la grava hasta las arcillas. La salmuera salada ocupa el espacio poroso entre las partículas.

Las condiciones requeridas para formar depósitos de salmuera son inusuales y ocurren solo en unos pocos lugares alrededor del mundo. La cuenca del huésped necesita un flujo de salida mínimo, el agua de entrada debe tener un suministro constante de sal, el flujo de salida debe ser extremadamente bajo y la velocidad de evaporación debe ser muy alta.

La extracción de depósitos de salmuera es muy diferente de los métodos de minería clásicos, siendo más similar al petróleo que al mineral. La solución de salmuera se extrae de pozos, pozos o zanjas cortadas en las capas de sedimento cargadas de salmuera. Cuanto más lento sea el flujo de la salmuera hacia el colector, mayor será el área requerida. En definitiva, la extracción de la salmuera se rige por la permeabilidad de los sedimentos del huésped; una baja permeabilidad dará como resultado tasas de extracción mucho más bajas. Por lo tanto, al evaluar un proyecto, es crítico determinar la tasa máxima de bombeo, ya que esto determina en última instancia la tasa de producción. La tasa de reposición de la salmuera dentro de los sedimentos también es un factor importante y solo puede evaluarse determinando la reducción del volumen bombeado con el tiempo. Cuando la permeabilidad y/o la tasa de reabastecimiento es baja, se requerirán más perforaciones o zanjas más largas para proporcionar la tasa de flujo de salmuera requerida para la producción.

Teniendo en cuenta todos los factores, el nivel de extracción de los depósitos de salmuera es significativamente menor que el de los depósitos de mineral más clásicos, y el método para la definición del recurso/reservas es notablemente diferente. La definición de CIM Normas para recursos y reservas minerales (Hains 2012) permite una recuperación máxima de 33% de los depósitos de salmuera. Esto es antes de que se tengan en cuenta una serie de factores de reducción diferentes. En realidad, es probable que una extracción de 10% a 15% sea el máximo realista para la mayoría de los depósitos (SME, 2019).

¿Cómo se encuentra el litio en las salmueras? El litio, así como el potasio, el sodio o el magnesio, está disuelto en el agua; por tanto, no se lo puede ver; pero se sabe que está ahí. La salmuera de un salar es un líquido que se encuentra debajo de la costra salina que se observa a simple vista. Esta costra tiene un espesor que varía entre medio metro y dos metros en algunos salares. El líquido que está debajo –la salmuera– alcanza profundidades variables; en el salar de Uyuni, en algunos puntos, llega a 400 m.

En el salar de Uyuni hay un río –el Río Grande– que alimenta permanentemente a este depósito que está debajo de la costra.

El litio necesario para las baterías debe extraerse del líquido. Lo complicado de esto es que la proporción en que se encuentra el litio dentro de la salmuera es muy baja; esto se complica aún más si hay otros elementos en el líquido que se van con el litio en los intentos de extraerlo del líquido; particularmente cuando este elemento es el magnesio.

En el salar de Uyuni, en su salmuera, hay varios elementos disueltos junto al litio: sodio, potasio y magnesio, principalmente. Para separarlos del litio se procede de la siguiente manera, aprovechando que son menos solubles que el litio: Se evapora el líquido (al evaporarse, los elementos mencionados se quedan en el líquido) y se espera a que, al haber poco líquido, se precipite en el fondo del recipiente el menos soluble de los elementos (en este caso, el sodio; este elemento no se precipita solo, lo hace como cloruro de sodio, o sea, sal común), mientras permanecen disueltos los otros elementos. A medida que sigue la evaporación, sigue precipitando el sodio; pero llega un momento en el que empieza a precipitarse el siguiente elemento, al mismo tiempo –el potasio–, en ese instante hay que separar el líquido que queda para que en el fondo del recipiente se encuentre sal casi pura. Se continúa el proceso de evapo-

ración para que se dé la precipitación del potasio (otra vez como cloruro de potasio). La evaporación debe seguir hasta que empiece la precipitación del litio. En ese momento se retira el líquido que todavía contiene litio y magnesio.

Esta descripción es esquemática, en realidad, las etapas de cristalización y precipitación se determinan por el comportamiento de los sólidos disueltos analizado en un diagrama de fases que muestra los compuestos que precipitarán en cada piscina. En el caso de la salmuera de Uyuni, el equipo técnico decidió utilizar el camino de los sulfatos y no el de cloruros para obtener, en la última piscina, una salmuera rica en litio y un precipitado de sulfato de litio. De ambos se puede extraer el carbonato de litio. Esta decisión ahorra el uso de cal que debería usarse para eliminar los sulfatos y permitir el camino de los cloruros. En la línea de sulfatos, hay 8 etapas que corresponden a las 8 piscinas de una línea del proceso. En cada piscina precipitan los compuestos indicados en el diagrama de fases, después del cloruro de sodio y del de potasio, los siguientes compuestos contienen magnesio, y así enriquece la concentración de litio y mejora la proporción Mg/Li.



Cuando la relación entre magnesio y litio es muy alta, es más difícil separar el litio puro. En el caso de Uyuni, por cada gramo de litio hay 20 de magnesio en la salmuera. Esta elevada proporción ha llevado a los especialistas a sugerir que no debía considerarse a la salmuera de Uyuni como una fuente de litio ya que costaría demasiado separarlo del magnesio.

En el proyecto de Uyuni, se extrae la salmuera a través de orificios efectuados en la costra salina y con ayuda de bombas. El líquido se coloca en unas piscinas gigantescas construidas con la misma sal del salar y que han sido recubiertas con unas membranas impermeables. El sol es el agente que favorece la evaporación. Y comienza el proceso de precipitación y trasvase en 8 piscinas. El potasio precipitado en la segunda piscina es enviado a la planta de sales de potasio para obtener un producto limpio de sales de potasio que se comercializa como fertilizante.

En la separación del litio del magnesio, mucho litio es arrastrado con el magnesio. La tecnología no permite recuperar más de 15% del litio, como carbonato de litio. El líquido residual podría ser devuelto al salar o procesado para extraer más litio, con otra técnica.

Hasta hace unos años, el punto de partida para obtener, tanto el material catódico como las baterías era el carbonato de litio, pero se ha descubierto que el hidróxido de litio es más conveniente y, cada vez más, se usa el hidróxido en lugar del carbonato.

La cantidad de potasio en la salmuera es mucho mayor que la de litio; por eso, en la segunda piscina se obtienen grandes cantidades de sal de potasio. Actualmente, la planta de sales de potasio tiene una capacidad de producir 350.000 toneladas al año; mientras que la de carbonato de litio sólo podrá producir 15.000 toneladas por año.

Hasta este punto ha llegado el proyecto del litio. Una planta industrial de sales de potasio, en producción (todavía no plena) y una planta de carbonato de litio inaugurada a fines de 2023; pero que no producirá carbonato en su plena capacidad por falta de materia prima.

El proyecto inicial contemplaba la construcción de una planta de KCl con capacidad de producir 700.000 toneladas por año y la de una planta de carbonato de litio con capacidad de producir 30.000 toneladas por año. La baja eficiencia de la tecnología de evaporación por la gran cantidad de magnesio presente en la salmuera hizo que la directiva del proyecto decida reducir a la mitad las capacidades de las plantas y aumentar la cantidad de piscinas para alimentar a esas dos plantas. Se programó la construcción de 160 piscinas en 20 líneas de producción. Actualmente, 78 están en funcionamiento (menos de la mitad).

La pandemia del año 2020 y la inestabilidad de la estructura directiva perjudicaron notablemente a la continuidad del proyecto. No se continuó la construcción y estabilización del resto de las piscinas, lo que provocó acusaciones de corrupción sobre la dirigencia del proyecto de los años previos a 2020. Como consecuencia de esas acusaciones, un exgerente de la empresa del litio falleció; y otro ejecutivo, exministro, viceministro y gerente del proyecto guarda detención domiciliaria; adicionalmente, hay acusaciones formales sobre mandos medios y operadores.

Para materializar la idea del proyecto de industrialización se requería tecnología, mayor inversión, personal calificado y mercados. Por esto, el Gobierno definió que esta fase se la encararía asociado con una empresa que proporcionase esos elementos.

El proceso de elección de la socia, según las declaraciones de las autoridades del YLB, fue largo y complejo. A la invitación abierta que se lanzó en el mundo respondieron varias empresas; de ellas se hizo una selección, hasta llegar a una lista corta en la que figuraban tres

empresas: una rusa, una alemana y otra china. Los criterios de selección debían ser los mencionados como necesidades en el párrafo anterior. A éstos se añadieron otros más específicos: capacidad de producción instalada, posibilidad de recuperación del litio de la salmuera residual, inversión, capacitación de personal boliviano, mercado para los productos y otros.

3.1.6 Decreto 3738, asociación con ACI Systems

El Decreto Supremo 3738 (creación de la empresa mixta) es resultado de negociaciones entre el Gobierno boliviano y la empresa alemana ACI Systems. Como parte de la estrategia estatal, la tercera fase del proyecto, la fase industrial, involucra a más actores. YLB ya puede asociarse con empresas que le aporten tecnología, mercado y capacitación.

Para seleccionar a la socia se llevó a cabo un largo proceso de selección y, finalmente, de negociación que culminó con la decisión de aliarse con ACI Systems, una empresa alemana. Evidentemente, las negociaciones tenían que terminar pronto para poder mostrar resultados que pudieran ser aprovechados electoralmente.

Análisis de la situación

Se pensó que la asociación encararía la tercera fase del proyecto, la industrialización; por esto, no se cuestionó la legalidad del acuerdo; pero, más tarde se supo que el objetivo de la asociación era la recuperación del litio a partir de la salmuera enriquecida.

La empresa mixta creada entre YLB y ACI System era la primera de dos. Ésta que tendría el objetivo de recuperar el litio de la salmuera residual y una nueva que estaría dedicada a la fabricación de baterías de litio.

En primer término, el contexto boliviano resulta desventajoso. Que una empresa se anime a montar una fábrica en Bolivia supone grandes riesgos: escaso respaldo de industrias básicas, débil disponibilidad de talento humano especializado, institucionalidad muy frágil, intensa intromisión política y cambios intempestivos en la normativa sectorial.

El depósito de litio en Uyuni no es de los mejores y las tecnologías vigentes aseguran una recuperación de carbonato de litio muy baja (menor a 15%); todo el proyecto ha sido orientado a la producción de carbonato y ha surgido en el camino el hidróxido de litio como alternativa. Reconvertir toda la línea a hidróxido

es una tarea que demandaría mucho tiempo, según las autoridades del proyecto.

3.1.7 Actualidad tecnológica

La tecnología de las baterías avanza a pasos agigantados y se debe diseñar una estrategia fuertemente flexible para evitar embarcarse en algo que quedaría obsoleto en el corto plazo.

Hay muchas investigaciones para emplear otros elementos en lugar del litio; y aunque parecía difícil que sustituyan al litio en poco tiempo, China viene de demostrar que ese día no está lejos. El mundo se decidió por el litio y se quedará con él algunos buenos años, todavía; pero habrá una fuerte presión para que los precios bajen.

En estos tres últimos años se ha anunciado el descubrimiento de yacimientos importantes de litio en varios países (Perú y México, particularmente). Sin embargo, para que ingresen en operación pasarán todavía varios años; pero también está Estados Unidos que anunció el descubrimiento del yacimiento de litio más grande del mundo (aunque ya se sabía de su existencia, hace tiempo, no se lo consideraba yacimiento porque es un depósito en arcillas y no había tecnología para la extracción del litio a partir de este material).

Para salmueras como la de Uyuni, se han investigado tecnologías alternativas a la de evaporación en piscinas. Se las ha denominado con el término genérico de tecnologías de extracción directa de litio (EDL).

El año 2010, el Gobierno coreano había ofrecido al país tres de estas tecnologías, incluyendo una estimación de costos y de demanda de insumos críticos. La propuesta fue descartada, aparentemente, más por razones políticas que técnicas. Resulta curioso que ahora, el Gobierno trabaja durante casi cuatro años para conseguir una de esas tecnologías para sustituir la evaporación en piscinas.

Las tecnologías de extracción directa de litio se han convertido en la promesa del futuro que revolucionará la industria productiva del litio al procesar en una forma sustentable salmueras continentales, geotérmicas o de campos de petróleo, y todo en respuesta a las mayores demandas de litio que los vehículos eléctricos necesitarán en las próximas décadas. Las promesas hechas por los que desarrollan tecnologías de extracción directa incluyen entre otras la mayor utilización del recurso natural, la minimización del impacto ambiental al reinyectar la salmuera procesada y la rapidez para

llegar al mercado en un espacio físico significativamente menor que los procesos convencionales.

A pesar de que la extracción directa de litio ha sido utilizada por más de 20 años por la empresa Livent en el Salar del Hombre Muerto (provincia de Catamarca) en Argentina, no ha sido hasta unos 10 años atrás que comenzaron a emerger ofertas tecnológicas para procesar litio en una forma no convencional. La mayoría de los estudios iniciales fueron motivados por el interés en Estados Unidos (EE. UU.) de desarrollar proyectos de salmueras geotérmicas; pero, en ese entonces, los precios de carbonato de litio no eran lo suficientemente atractivos como para invertir en nuevas tecnologías.

Hoy la situación ha cambiado con un gran aumento de la demanda que ha llevado la producción anual de 200.000 toneladas a casi 1.000.000 de toneladas, con proyecciones de llegar a más de 3.000.000 en 2030. El ecosistema de innovación que trabaja en procesos de extracción directa de litio es dinámico y muy diverso y en los últimos cinco años han aparecido más de 50 *start-ups* junto con empresas químicas tradicionales que han comenzado a ofrecer alternativas tecnológicas para procesar litio. La mayoría de ellas hoy tiene algún tipo de representación en Chile, Argentina o Bolivia, y muchas de ellas están operando plantas piloto o en el proceso de construcción.

Argentina será el primer país en demostrar a escala comercial una de estas variantes de tecnologías de extracción directa de litio. Eramet, una empresa francesa, comenzó a operar a finales de 2024 una planta para producir 24.000 toneladas anuales de carbonato de litio en el Salar Centenario-Ratones (provincia de Salta). Es muy probable que otros proyectos sigan la misma trayectoria en los próximos dos años. Livent se fusionó con Allkem en enero de 2024 y la nueva empresa se llama Arcadium Lithium.

Sin embargo, aún quedan algunos problemas que resolver, como la reinyección de salmuera que ya no tiene litio. Es probable que las tecnologías de reinyección se socialicen en el futuro permitiendo así el acceso a diferentes actores para completar sus proyectos. Los gobiernos van a tener una excelente oportunidad de incentivar la adopción de la tecnología que cumpla con los permisos ambientales requeridos.

Las tecnologías de extracción directa seguirán evolucionando en el futuro y el diseño de adsorbentes sólidos o sistemas moleculares proporcionarán sistemas más selectivos para capturar litio que podrán ser adaptados e incorporados en los procesos de primera generación de extracción directa (Bunel E. E., 2024).

4

PRINCIPALES DEBILIDADES EN EL DESARROLLO DEL PROYECTO DEL LITIO

DEPENDIENDO DE LA PERSPECTIVA CON QUE SE OBSERVE, EL PROYECTO DEL LITIO BOLIVIANO SE PERCIBE DE DIFERENTE MANERA.

DESDE LA ÓPTICA SOCIAL O DESDE LA POLÍTICA SE DETECTAN ALGUNAS DEBILIDADES; MIENTRAS QUE, DESDE UNA MIRADA MÁS TÉCNICA, SE ENCUENTRAN OTRAS FALENCIAS.



4.1 Perspectiva social

El proyecto nació a instancias de la Federación Regional Única de Trabajadores y Campesinos del Altiplano Sur (FRUTCAS), y como consecuencia del rechazo popular a una empresa norteamericana que pretendía explotar el salar, a comienzos de los años 90. La zona donde se encuentra el salar, después del cierre de operaciones de COMIBOL, a partir de 1985, entró en una crisis laboral y de mercado de productos locales.

Esto provocó migraciones temporales o permanentes de los jóvenes de las comunidades hacia Chile o Argentina (Baptista Gumucio, 2015). La aparición de la Minera San Cristóbal resolvió, en gran parte, este proceso migratorio al generar empleos y bienestar en el área, al sur del salar.

Los campesinos de la región, con el deseo ferviente de transformar su pobreza en desarrollo, apostaron por el

proyecto de explotación de la salmuera del salar. Fueron ellos quienes presentaron el proyecto a fines de marzo de 2008, al entonces Presidente, dando el impulso inicial a la transformación deseada.

En los primeros meses y años, hubo un intercambio fluido de información entre los que manejaban el proyecto y la FRUTCAS; pero, cambios en su dirección rompieron con ese contacto y, entonces, las comunidades empezaron a ver con malos ojos las actividades de la empresa estatal. Este alejamiento de YLB de la comunidad es una de las debilidades más serias de la empresa.

Por otra parte, el año 2019, una misión de dirigentes de la zona visitó Fundación Jubileo buscando apoyo para que se les contacte con alguna universidad que esté dispuesta a capacitar a los jóvenes porque, lo decían con énfasis, no

querían trabajar de porteros de la empresa. Su propósito era participar en los niveles de toma de decisiones.

Una gran debilidad del proyecto ha sido no contemplar la formación del talento humano en todos los niveles. Las comunidades se sintieron desamparadas, sobre todo, viendo lo que hacía la Minera San Cristóbal para facilitar la formación de la juventud.

4.2 Perspectiva política/ideológica

La decisión de trabajar con capital, tecnología y personal bolivianos, desde la extracción de la salmuera hasta la obtención de la materia prima, fue una decisión política, de soberanía y de reconocimiento de las limitaciones bolivianas.

En el momento en que se la tomó, el procesamiento de las salmueras era, exclusivamente, por medio de evaporación en piscinas en todo el mundo; pero la teoría química indicaba que, con las características de la salmuera de Uyuni, las esperanzas de recuperar todo el litio extraído eran nulas.

Una debilidad sería en este punto fue cerrarse en esa tecnología sabiendo sus limitaciones. Particularmente, cuando llegaron propuestas de tecnologías mucho más eficientes, de otros países. Tecnologías de extracción directa de litio que recuperaban más de 80% del litio extraído en tiempos muy cortos; pero a costos más altos, fueron rechazadas, aparentemente, por cuestiones ideológicas, ya que provenían de países alineados con Estados Unidos.

Los cambios constantes de autoridades que no se sometían al pensamiento de los líderes políticos del Gobierno han sido fuertemente perjudiciales para la continuidad y estabilidad del proyecto.

La formación de talento humano necesario para hacer marchar de manera óptima el proyecto es esencial. El Gobierno firmó un convenio con Japón para capacitar hasta el máximo nivel a profesionales bolivianos en ese país; pero la dirigencia del proyecto se negó a enviar a esos profesionales porque consideraba que Japón era parte del imperio.

Buscar socios entre los países que están en una línea determinada de pensamiento puede comprometer el futuro y la independencia del proyecto. Se ha visto que, por presión externa, hasta se intentan cambiar las normas o manipularlas para conseguir asociaciones con esos países.

4.3 Perspectiva de gestión administrativa

La dimensión del proyecto de explotación del litio está más allá de todo lo que se ha intentado estructurar en Bolivia. Obtener 30.000 toneladas de carbonato de litio grado batería, cuando no se tiene la experiencia en este campo, ya es una proeza; pero intentar fabricar baterías y producir la mayor parte de los insumos en el país montando 41 fábricas, todas sincronizadas y alimentadas con los insumos necesarios, con las condiciones logísticas, técnicas y humanas que exige la fabricación de baterías es algo que sobrepasa la capacidad real.

Quizás la debilidad más grande de este proyecto fue la gestión. Se trabajó con una limitada visión de futuro porque, si se pensaba que el producto final era la batería y se quería producir localmente los insumos, el montaje de las 41 fábricas debía haber partido al mismo tiempo que el proyecto de obtención del carbonato. El desarrollo de infraestructura, de generación de energía, de obtención de materia prima, de alimentación de agua, de formación del talento humano debía analizarse desde el primer día; pero no fue así.

Un error grave de gestión fue crear la empresa del litio con sede en La Paz, el año 2010. El decreto no estuvo vigente más de dos semanas por la presión de Potosí que reclamaba la sede para ese departamento.

El traslado del proyecto del litio desde COMIBOL, primero hacia el entonces Ministerio de Energía y de allí al Ministerio de Hidrocarburos, refleja otra grave debilidad de gestión y comprensión de la industria del litio.

Se había anunciado que se producirían 700.000 toneladas de cloruro de potasio y 30.000 de carbonato de litio; al final, estas capacidades fueron reducidas a la mitad por la gran inversión que se necesitaría para generar, en piscinas, la materia prima requerida por las plantas.

Con estos ejemplos, se muestra la debilidad de gestión administrativa. Para dirigir un proyecto tan grande se debe convocar a un equipo de primer nivel con experiencia en situaciones similares, independiente de la línea política del Gobierno.

4.4 Perspectiva técnica

El 15 de diciembre de 2023, el presidente del Estado inauguró las operaciones de la planta de producción de carbonato de litio, grado batería, en el salar de Uyuni. Esta es una planta que tomó muchos años, desde su diseño hasta su puesta en marcha. Una empresa alemana hizo la ingeniería y un grupo chino-australiano, la construcción. Se usó como base la tecnología que había sido desarrollada en YLB.

Esta planta debía tener una capacidad de producir 30.000 toneladas de carbonato por año; pero, aparentemente (porque no hubo explicación oficial) cuestiones presupuestarias y la ineficiencia de la tecnología escogida redujeron esta capacidad a la mitad.

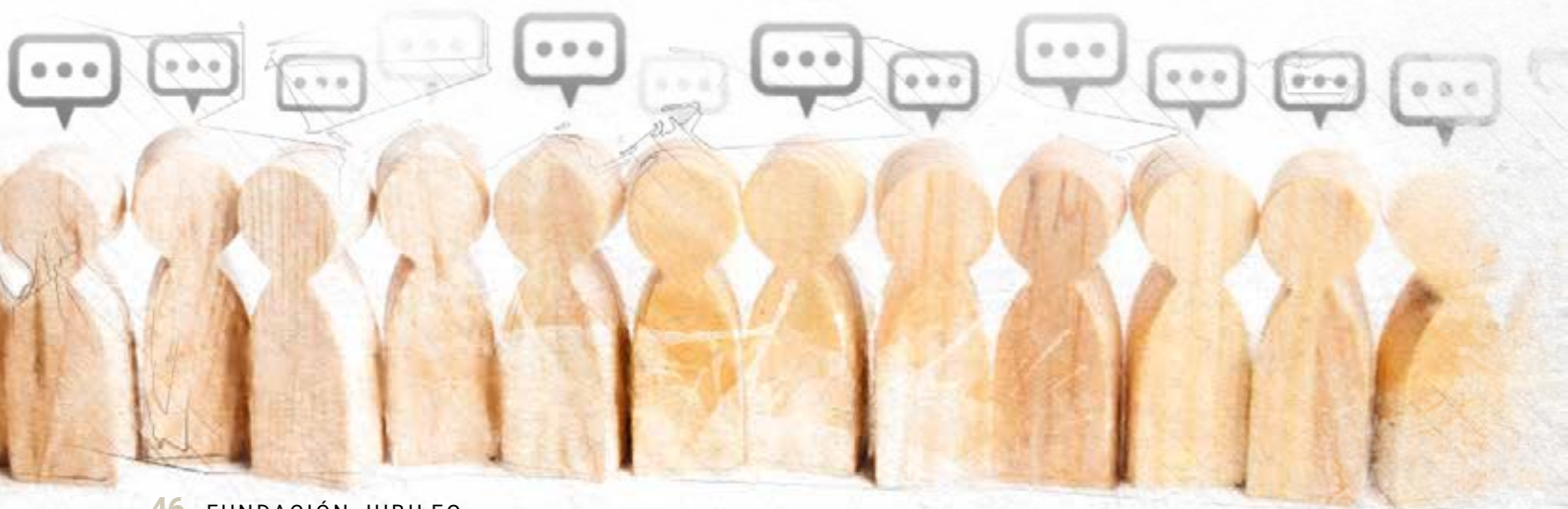
La producción de carbonato de litio con la pureza que requiere la fabricación de baterías es una tarea muy exigente porque esa materia prima debe ser casi pura; por lo menos 99,5% de carbonato. A este carbonato se conoce en el mercado como carbonato grado batería. Es el producto de referencia en el mercado internacional del litio. El centro de comercialización más importante del mundo está ubicado en Shanghai, ahí se define el precio del carbonato.

Las cotizaciones están en yuanes. El punto más alto se dio en noviembre de 2022; la caída, luego, fue casi imparable. "Los precios del carbonato de litio se mantuvieron estables desde que tocaron el mínimo de más de tres años de CNY 71.500 por tonelada, a finales de octubre, ya que el exceso de capacidad para baterías de vehículos eléctricos en China llevó a

los productores a reducir los precios de oferta para insumos a lo largo de la cadena de suministro. Los subsidios del gobierno chino desencadenaron una gran ola de exceso de oferta de baterías para vehículos eléctricos y llevaron a los precios del carbonato a caer 23% este año, después de una caída de 80% en 2023. A pesar del exceso, los actores del mercado esperan que la oferta global aumente casi un 50% este año, ya que la esperanza de eventual equilibrio impulsó a los productores a buscar nuevos proyectos; pero volvieron a caer, abruptamente, desde febrero de 2025, debido a los éxitos chinos en la sustitución del litio por sodio y la disminución de la demanda.

Chile indicó que duplicaría su producción en la próxima década, y la carrera por asegurar metales para baterías llevó a China a expandir proyectos en África. Además, Río Tinto apuntó a entrar en el mercado del litio comprando a Arcadium Lithium, con sede en Estados Unidos, por \$us 6,7 mil millones. Sumando a la presión bajista, la UE impuso aranceles contra los fabricantes chinos de vehículos eléctricos que van de 36,3% a 17%" (Trading Economics, 2024).

El 24 de enero de 2024, una comisión formada por assembleístas del partido oficialista; pero que trabajan como opositores, más dirigentes de la FRUTCAS de la misma tendencia (organización que está dividida, al igual que el partido oficialista) inspeccionaron la nueva planta. Sus conclusiones están plasmadas en un vídeo que difundió esa rama de FRUTCAS: No



Lithium Carbonate (CNY/T) 64.800 +100 (+0,15%)



Fuente: Trading Economics: <https://es.tradingeconomics.com/commodity/lithium>.

están en funcionamiento todos los equipos; de las 16 centrifugadoras sólo están funcionando 3; algunos de los equipos no están ni siquiera desempacados; los equipos de purificación de carbonato de litio no han sido probados, no se tiene la suficiente potencia para que funcionen todos los equipos de la planta, la planta requiere 14 Mw y solo disponen de 5 Mw; no cuentan con suficiente capacidad de almacenamiento de GLP, requieren de 10 tanques y solo hay 5; no tienen suficiente disponibilidad de agua tratada; no disponen de suficiente cantidad ni calidad de materia prima; no cuentan con insumos para producir carbonato de litio grado batería; no saben cuánto de agua se consume para producir una tonelada de carbonato de litio grado batería (Somos pueblo, 2024).

En el informe de esa comisión, se formulan varias preguntas que no han sido respondidas por las autoridades de YLB: ¿por qué se hizo la recepción definitiva de la planta sin haberla probado y puesto en marcha completamente?; ¿por qué se ha hecho una reingeniería de la planta sin haber probado el diseño original?

La construcción de la planta costó Bs 669.340.740 y, mientras el área de las piscinas no funcione a plenitud, la planta no alcanzará su capacidad total y la recuperación de la inversión será mucho más larga de lo previsto. El Gobierno proyectó producir 2.951 toneladas para el año 2024; pero, por lo que se observa en la planta, no se alcanzó esta meta y, menos todavía, el grado batería.

Para alimentar con la materia prima suficiente a las plantas de cloruro de potasio y a la de carbonato de litio se había previsto la construcción de 160 piscinas de evaporación agrupadas en 20 líneas. La inspección mencionada mostró que solo 12 están habilitadas y no totalmente. Cada línea tiene 8 piscinas en serie y en las 12 líneas habilitadas hay varias que están inoperantes; en realidad, solo 78 operan regularmente.

El déficit de piscinas de evaporación también hace que la planta de cloruro de potasio utilice solo una parte de su capacidad instalada de 350.000 toneladas anuales. El año 2023 se vendieron 85.046 toneladas de cloruro, 24% de lo que debería producir (Instituto Nacional de Estadística, 2024).

La tecnología de evaporación en piscinas no es sólo la eliminación del exceso de agua de la solución para que precipiten los acompañantes del litio, tiene asociada la sección de obtención de carbonato de litio, grado batería, a partir del producto de la última piscina. Dada la elevada proporción de magnesio en la salmuera, lograrlo es una tarea compleja y cara que, todavía, no se ha visto si dará el resultado esperado.

Las tecnologías alternativas que ofrecen los nuevos socios del proyecto todavía no están probadas en una dimensión industrial, por lo que resulta aventurado sacar conclusiones sobre su eficiencia; pero sí se puede anotar que los costos serán más altos y que no se apunta a la industrialización del litio.

5

PREOCUPACIONES Y POSICIONES DE LOS PRINCIPALES ACTORES EN EL DEBATE ACTUAL DEL PROYECTO DEL LITIO

5.1 FRUTCAS

La Federación Regional Única de Trabajadores Campesinos del Altiplano Sud (FRUTCAS) es la organización de los campesinos del sur del país. Por cuestiones políticas está dividida y, mientras una facción apoyaba al Gobierno, otra estaba abiertamente en contra.

Su representatividad, por tanto, está debilitada. Las comunidades del sur del país, en mayo de 2025, presentaron una acción popular en contra de los contratos que YLB firmó con la empresa rusa y el grupo chino, exigiendo, además, que ya no se negocien nuevos contratos sin consultarles previamente a ellas (Central Única Provincial de Comunidades Originarias de Nor Lipez, 2025).

Esta organización se sumó al pronunciamiento de varias organizaciones y fundaciones de la sociedad civil que, en un comunicado público, expresaron sus argumentos para repudiar los contratos firmados.

5.2 Comité Cívico de Potosí

El Comité Cívico de Potosí es una organización que agrupa a organizaciones que trabajan en esa ciudad. Esta entidad, aunque no participan en ella todos los sectores, proclama que representa los intereses de los potosinos. Su posición, respecto al litio, ha sido, permanentemente, crítica.

Ha ejercido presión sobre los gobiernos de turno que tomaron alguna determinación sobre la explotación del litio. Se opuso a que la sede de la empresa de litio sea La Paz y logró anular un decreto que creaba la empresa del litio el año 2010.

Se opuso al contrato entre YLB y ACI System, el año 2019, y consiguió que se lo anule.

Planteó un incremento de la parte alícuota de las regalías que paga YLB y, para eso, un proyecto de ley que crea un ministerio del litio, incrementa las partes alícuotas de regalías y permite la asociación de YLB con empresas privadas desde la extracción de la salmuera.

5.3 Gobierno nacional

En los últimos 20 años, tres gobiernos intentaron lograr el aprovechamiento de la riqueza de los salares bolivianos. El año 2008 fue el comienzo de la ejecución del proyecto de industrialización de las salmueras. En el periodo que va desde ese año hasta el 2010 se definió el destino del litio con claridad y se ejecutó, parcialmente, la estrategia hasta el año 2019. El Gobierno siguiente de Añez, durante la pandemia, hizo poco por el proyecto, salvo cambiar a dos directores ejecutivos de la YLB; el siguiente de Arce descartó lo que se había hecho hasta marzo de 2021 y dejó de lado políticas, estrategias y resultados esperados.

Necesitado de resultados y de divisas, intentó firmar contratos con grandes empresas y no dudó en manipular las normas para tener respaldo suficiente para esos contratos.

5.4 Sociedad civil

A partir de la firma del contrato con la empresa alemana ACI Systems, la sociedad civil reapareció en escena. Varias ONG y fundaciones se reunieron para analizar y repudiar el acuerdo.

Luego, empresas y organizaciones alemanas comprometidas en cuidar que en la cadena de suministro se respeten los derechos humanos en todos los eslabones contactaron a miembros de la sociedad civil boliviana

para elaborar una propuesta de norma que obligue a las empresas fabricantes de vehículos eléctricos a respetar los derechos de los proveedores de carbonato de litio.

Algunas ONG asumieron la defensa de los derechos de las comunidades al acceso al agua y a la consulta previa; llevando sus quejas hasta tribunales internacionales, tal es el caso del Centro de Documentación e Información Bolivia (CEDIB) que ante la Comisión Interamericana de Derechos Humanos planteó que el proyecto del litio se lleva adelante sin haber realizado la consulta previa y poniendo en riesgo las fuentes de agua de las comunidades.

En los últimos años, las publicaciones y eventos organizados por la sociedad civil, a propósito del litio, se han multiplicado de manera acelerada. La transición energética y el protagonismo del litio ocupan la primera plana de los trabajos de varias organizaciones. Esto se da no solo en el ámbito nacional, sino que se conforman redes de ONG latinoamericanas que se nutren de información y de análisis para ilustrar sobre los beneficios y riesgos de lo que se viene a futuro.

5.5 Universidades

Las universidades estatales de La Paz, Oruro y Potosí se han involucrado en la investigación de obtención del litio a partir de las salmueras. Todas han encontrado alternativas tecnológicas para obtener el carbonato de litio. Sin embargo, se han sentido marginadas de las líneas trazadas por los gobiernos. Reclaman un protagonismo mayor al que se les ha concedido hasta ahora.

5.6 YLB

Es la empresa encargada por el Estado para administrar la explotación de los recursos evaporíticos existentes en los salares. Ahora es parte del Ministerio de Energía e Hidrocarburos, aunque su operación está ubicada en el sector minero.

Hasta 2019, mantuvo la línea definida por el Gobierno desde 2010; pero el año 2020 cambió de presidentes con mucha frecuencia y perdió el protagonismo que tuvo antes.

Su relación con las comunidades ha sido tensa en algunos momentos por haber violentado algunos acuerdos logrados con ellas, particularmente, sobre el uso del agua.

5.7 Exterior

5.7.1 China

La mayor potencia económica del mundo controla las cadenas de suministro de la mayor parte de los insumos que requiere la transición energética y la movilidad eléctrica. Uno de esos insumos estratégicos es el litio.

Desde el año 2008, cuando inició el proyecto de explotación de las salmueras, China demostró el interés por extraer el litio de los salares para alimentar sus plantas de producción de baterías. Siguiendo su estrategia de negociación, llevó a China a las máximas autoridades nacionales ligadas al proyecto. Adicionalmente, propuso tecnologías, participó en la construcción de las plantas del proyecto y ahora firmó un contrato para extraer, en dos plantas, 35.000 toneladas anuales de carbonato; considerando 10.000 toneladas en una de éstas y, en la otra, 25.000 toneladas. El grupo encargado es Hong Kong CBC. La inversión será ligeramente superior a los 1.000 millones de dólares.

China había intentado adquirir varias minas bolivianas; pero chocó con la normativa y no hizo inversiones como en otros países. Participó en la construcción de plantas; pero no aportó capitales. Construyó la planta de Lucinina para COMIBOL. Construyó las plantas de cloruro de potasio y fue parte del grupo que construyó la planta de carbonato de litio. Construye la planta siderúrgica del Mutún. En ningún caso invirtió capitales.

El caso del litio es el primero en el que se ve un cambio en esa estrategia. También pretende intervenir en la planta procesadora de zinc; pero no con inversión, sino con un crédito para financiarla.

Las necesidades económicas del Gobierno boliviano abren posibilidades extraordinarias a China para introducirse en la cadena de suministro del litio, incluso violando las normas nacionales o presionando al Gobierno para que las modifique a su favor.

Mientras tanto, investigaciones de alto nivel de organizaciones chinas han mostrado resultados extraordinarios para sustituir al litio con sodio.

5.7.2 Rusia

Rusia se asoció con el Gobierno en un frente claro, la energía nuclear. También, varias autoridades del máximo nivel fueron invitadas a Rusia, inclusive para ver un campeonato de fútbol.

A través de Uranium, Rusia se hace presente en la explotación del litio; pero, igual que China, persigue la materia prima; no se involucra en una posible industrialización en

el país. De manera similar a China, presiona para que se modifique el marco normativo a sus exigencias.

5.7.3 UE

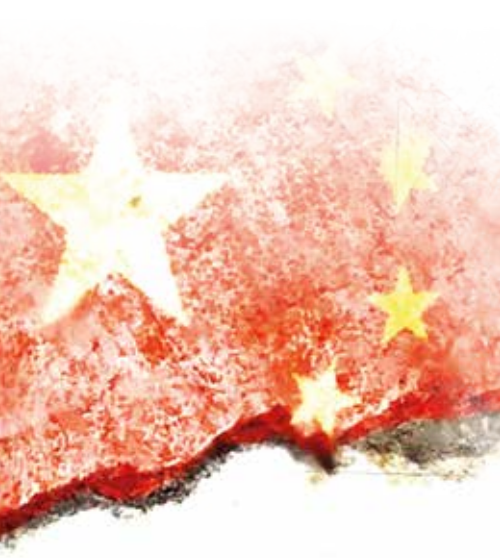
La Unión Europea había logrado ingresar a un espacio cerrado para cualquier ajeno a YLB, mediante un acuerdo entre ACI Systems y YLB iba a obtener hidróxido de litio a partir de la salmuera residual.

Si ACI no hubiera presionado demasiado en la negociación, probablemente, en este momento estaría explotando esa salmuera.

La intención de la UE, al igual que la de Rusia o China, fue asegurarse el control de la cadena de suministro. Inicialmente, la francesa Bolloré intentó convencer al Gobierno boliviano de abrirle un espacio, invitó al Presidente de ese entonces (2009) a conducir un vehículo eléctrico en Francia y estuvo muy cerca de convencer al Gobierno de aliarse con ella. Diez años después fue el turno de Alemania que firmó el contrato que había anhelado; pero en medio de una crisis política y presión social, Morales anuló ese acuerdo.

Noruega y Suecia se acercaron con distintas estrategias para lograr su participación en la obtención de la materia prima tan cotizada en el contexto de la transición energética.

El Reino Unido tuvo un acercamiento particular al Gobierno boliviano durante la pandemia, mediante un convenio para profundizar en investigación, exploración, tecnologías de extracción directa del litio, comercialización y otros aspectos de gestión.



6 ANÁLISIS DE LOS CONTRATOS PARA LA EXPLOTACIÓN DEL LITIO



Las principales observaciones que evidencian la inconstitucionalidad, falta de transparencia y riesgos asociados, y la nulidad a estos contratos son:

Primero, la Constitución Política del Estado establece, de manera inequívoca, que el litio y los recursos evaporíticos son recursos naturales estratégicos cuya prospección, exploración, explotación, producción y comercialización son competencia exclusiva del Estado. Cualquier intento de delegar estas funciones a actores privados, como se evidencia en estos contratos, contraviene los principios fundamentales que rigen la soberanía sobre nuestros recursos. Asimismo, estos contratos violan la Ley 928, que prohíbe la participación de empresas privadas en la fase extractiva del litio.

En estos contratos citan como base legal, el artículo 15 de la Ley 1546 (Ley del Presupuesto General del Estado 2024), precisamente destinado a direccionar contratos del litio boliviano, que contradice abiertamente la Ley N° 928, y lo más crítico es que esta Ley del PGE no fue aprobada por la Asamblea Legislativa Plurinacional (ALP).

Por lo tanto, estos contratos con Uranium One Group y Hong Kong CBC violan también la Ley N° 928, que prohíbe expresamente la participación de empresas privadas en la fase extractiva del litio, reforzando la idea de que estas acciones carecen de sustento legal.

En segundo lugar, a la inconstitucionalidad de estos contratos se suma la opacidad con la que se seleccionaron las empresas involucradas. Este proceso estuvo marcado por la falta de transparencia y asesoramiento técnico calificado. Lo más preocupante es que la consultora encargada de la evaluación de las tecnologías de Extracción Directa de Litio (EDL) fue YPFB Refinación, una empresa sin experiencia en el sector del litio ni conocimiento sobre esta tecnología experimental.

La elección de YPFB Refinación como consultora para el asesoramiento técnico, jurídico y financiero en la selección de estas empresas demuestra improvisación, evidenciando decisiones que carecen de sustento técnico y científico. Este hecho, sumado a las irregularidades mencionadas, invalida los convenios y contratos firmados, al estar plagados de vicios legales que los hacen nulos de pleno derecho.

En tercer lugar, el proceso de selección de la empresa Uranium One para la explotación del litio en Bolivia evidencia serias irregularidades y carencias técnicas que comprometen la viabilidad y transparencia del proyecto. Uranium One carece de experiencia demostrada en la extracción de litio y la producción de carbonato de litio, un aspecto crucial para un proyecto de esta magnitud. Hasta la fecha, esta compañía no cuenta con plantas industriales de producción de

carbonato de litio en funcionamiento, ni en Rusia ni en el resto del mundo. Esta falta de experiencia pone en duda su idoneidad para asumir un proyecto estratégico, como el del Salar de Uyuni.

A esta falta de experiencia se suma un hecho aún más alarmante: el aumento del monto de inversión. El convenio inicial estipulaba un costo de \$us 450 millones, el contrato firmado posteriormente eleva a \$us 976 millones la inversión requerida. Lo más grave es que este incremento se aplica a un proyecto que mantiene la misma capacidad de producción y la misma microlocalización. Este sobreprecio de \$us 526 millones carece de justificación técnica o financiera, lo que genera sospechas sobre negociaciones poco transparentes.

Por otra parte, la firma con la empresa china Hong Kong CBC no se sustenta en una estructura legal vigente.

En cuarto lugar, el contrato descarta la soberanía científica y tecnológica de Bolivia. La tecnología de extracción directa de litio (EDL) que se utilizará aún está en fase de pilotaje, generando incertidumbre sobre las siguientes etapas del proyecto.

En quinto lugar, estos contratos van en contracorriente con la estrategia que se había definido para la explotación de estos recursos no renovables y violentan varias normas.

Si YLB no logra entregar la cantidad de salmuera enriquecida para producir 10.000 toneladas anuales de carbonato de litio, YLB deberá correr con los costos de adecuación de la planta para que la empresa china obtenga las 10.000 toneladas programadas, a partir de salmuera fresca (mucho más pobre que la enriquecida).

En sexto lugar, estos contratos firmados para la explotación del litio en el Salar de Uyuni representan potenciales amenazas ambientales al no haberse presentado estudios del impacto ambiental que se provocaría. Hasta la fecha, el Estado no ha realizado estudios de cuantificación de reservas de agua en la zona, más allá de la investigación realizada por cuatro instituciones (dos universidades, una de Bolivia y otra de Japón, y dos centros de investigación, uno de Bolivia y otro de Japón) sobre la hidrología de la

región aledaña a San Cristóbal. Los datos disponibles provienen de estudios preliminares realizados por Yacimientos de Litio Bolivianos (YLB).

Estas debilidades ponen en duda la sostenibilidad de los proyectos de explotación del salar de Uyuni. Asimismo, otra preocupación es la reinyección de salmuera sin litio en el Salar de Uyuni. En teoría, esta medida mejoraría el equilibrio del salar; pero hay observaciones sobre la dilución de la concentración de litio para etapas posteriores y sobre la estabilidad de la estructura interna del salar. No se conoce si se han llevado a cabo estudios hidrogeológicos para evaluar el impacto del consumo de agua que demandará el proyecto. Este consumo reducirá la disponibilidad de agua; pero no debe comprometer la cantidad de agua necesaria para el consumo humano o agropecuario.

En séptimo lugar, el contrato con Uranium One establece términos desfavorables para Bolivia.

Uranium One se beneficia de una participación mayor a la boliviana en las utilidades del proyecto.

Las regalías establecidas por la ley equivalen a 3% del valor bruto de ventas. Este valor es la compensación al municipio y al departamento por la explotación del litio. La Ley de Minería no establece una escala variable como para los otros minerales, en función de las cotizaciones internacionales.

El contrato también otorga a Uranium One el monopolio de la compra del producto por un periodo de al menos 20 años, a un precio preferencial negociado de manera confidencial entre YLB y la transnacional. Esta cláusula de confidencialidad impide el acceso público a la información clave sobre las condiciones de venta, limitando la transparencia y la rendición de cuentas.

En octavo lugar, Uranium One tendrá un control total sobre el proyecto, incluyendo la supervisión de su propia ejecución.

No se ha presentado información sobre los estudios de impacto ambiental, los costos de producción detallados y los indicadores financieros.

Desde FRUTCAS, se exige la nulidad inmediata de estos contratos.

7

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

BOLIVIA HA SIDO FAVORECIDA POR LA NATURALEZA CON GRANDES DEPÓSITOS DE METALES ESTRATÉGICOS; EN ESTE MOMENTO, EL LITIO ES CLASIFICADO ENTRE ESTOS METALES POR TODAS LAS POTENCIAS INDUSTRIALES DEBIDO AL PROCESO MUNDIAL DE TRANSICIÓN ENERGÉTICA. BOLIVIA TIENE LA MAYOR CANTIDAD RELATIVA DE ESTE RECURSO, PERO QUE AÚN NO HAN SIDO CLASIFICADOS COMO RESERVAS.

Chile y Argentina gestionan la explotación de este recurso de distinta manera; pero, a su estilo, cada uno considera que es estratégico para su economía.

Ambos países avanzaron rápidamente en la implementación de nuevos proyectos o en la ampliación de sus volúmenes de producción con inversiones privadas importantes. En los dos se ha comenzado a hablar de la instalación local de fábricas de baterías.

En Bolivia, el proyecto inicial está estancado y sus dos plantas de dimensión industrial producen menos de 20% de sus capacidades instaladas.

El proyecto de explotación del litio tiene muchas debilidades técnicas, administrativas, políticas, operativas y sociales que han perjudicado su desarrollo estable y continuo.

Los diferentes actores, involucrados de distintas maneras en el proyecto, no se oponen a la explotación del litio; pero demandan mejorar su participación. Las comunidades aledañas se han sentido marginadas por la empresa YLB, las universidades consideran que no se toma en cuenta sus investigaciones, la sociedad

civil intenta asumir la defensa de los derechos de las comunidades; pero no parece estar realmente conectada con los interesados; el Comité Cívico de Potosí busca mejorar el ingreso económico del departamento proveniente de la explotación del salar.

Los actores extranjeros buscan asegurar la provisión de litio para sus procesos de producción de baterías, de modo que la cadena de suministro no sufra interrupciones en el futuro.

La tecnología de extracción directa del litio está, todavía, en fase experimental y no asegura que la producción a gran escala sea económica, respetuosa del medioambiente y tan eficiente, como se observa en el laboratorio.

Bolivia ha firmado dos contratos para aplicar esta tecnología con empresas de Rusia y China forzando la normativa nacional y con resultados inciertos.

La demanda creciente del litio hace prever que todavía Bolivia está a tiempo para explotar su recurso; pero, en el contexto actual, es muy difícil que llegue a la industrialización.

7.2 Recomendaciones

Que el Gobierno proponga y presente la nueva política sobre la explotación del litio y la estrategia a seguir.

De mantenerse la política y la estrategia con las que se estuvo trabajando, el Estado no podrá captar socios que operen desde la extracción de la salmuera, por otro lado,

se perdería el incentivo para el desarrollo de capacidades internas. Es imprescindible que el Gobierno muestre el objetivo de la explotación de las salmueras, las políticas con las que se tomarán decisiones y la estrategia que se seguirá; esto influirá en la organización del proyecto.

Que se modifique el marco normativo para viabilizar la participación privada en el proyecto, sin subterfugios.

El Gobierno intentó, de varias maneras, concretar acuerdos con empresas extranjeras para explotar las salmueras; pero el marco normativo le ha puesto freno. Ante esa situación, puso en juego algunas maniobras para procurar legalizar sus acuerdos; pero, es muy complicado para un operador arriesgar inversiones sin una sólida base legal. Esta modificación debe ser consecuencia de los objetivos, las políticas y las estrategias que diseñe el Gobierno, de manera participativa, para la explotación de las salmueras.

Que las universidades investiguen sobre nuevas tecnologías para extraer y enriquecer el litio.

Las universidades de Oruro, Potosí y La Paz llevan a cabo intensos trabajos de investigación en el campo del litio y su industrialización. El Estado debiera destinar recursos específicos para este fin, de manera que se disponga de tecnologías alternativas que ayudarían a mejorar la posición nacional en negociaciones con empresas extranjeras y a ahorrar millones de dólares por el uso de tecnologías foráneas.

Que se capacite y especialice (dentro o fuera del país) al talento humano para todos los eslabones de la cadena de valor del litio.

El factor más importante de un proceso como el de la explotación del litio es el talento humano especializado. Es imprescindible armar un equipo de alto nivel para gestionar el proyecto, así como para la investigación y la ejecución de cada una de las etapas de la estrategia diseñada.

Que se termine de instalar el proyecto inicial para que las plantas de KCl y Li₂CO₃ produzcan a su plena capacidad.

Bolivia invirtió 886 millones de dólares en la instalación de esas dos plantas, las piscinas de evaporación correspondientes y toda la logística para que funcionen; sin embargo, menos de la mitad de las piscinas que debían estar proporcionando materia prima a las plantas operan regularmente. Esto provoca un desabastecimiento del insumo principal lo que hace que la producción de ambas plantas sea muy baja. Las plantas ya están operando, corresponde ahora, dotarlas de la materia prima en la cantidad esperada para que se tenga una producción en el plazo más corto.

Que las nuevas tecnologías sean aplicadas sobre la salmuera enriquecida (residual) del proyecto inicial y no sobre salmuera fresca, hasta donde dé la disponibilidad de esa salmuera.

La salmuera que se obtiene en las últimas piscinas tiene una elevada concentración de litio y no se la puede desperdiciar, el grupo chino Hong Kong CBC había planteado montar una planta de 10.000 TPA de capacidad utilizándola. El acuerdo con la empresa alemana ACI SA era para recuperar el litio de este material.

Que se amplíe el abanico de socios a actores fuera de los que acaban de firmar contratos con el Estado.

Que se aprovechen todos los acompañantes valiosos del litio, añadiéndoles valor.

Las salmueras del país no solo contienen litio, hay acompañantes que, en conjunto, pueden valer más que el litio; como sodio, potasio, magnesio, boro, entre otros que, si se los recupera, se obtendría ingresos significativamente mayores y el costo de producción del carbonato de litio se distribuiría entre varios elementos.

Que se amplíe el abanico de socios a actores fuera de los que acaban de firmar contratos con el Estado.

El Gobierno debe buscar socios que no piensen sólo en asegurar la cadena de suministro, sino también en el desarrollo local. Los países industrializados intentan asegurar la provisión de la materia prima para no depender de un solo proveedor. Los países ricos en recursos minerales buscan un equilibrio en la distribución de beneficios con los países compradores de esos recursos para disminuir la brecha en el desarrollo industrial que se incrementa mientras los países proveedores de materias primas se queden en ese nivel.

Que las universidades diseñen y ejecuten procesos de capacitación y formación de jóvenes de zonas aledañas al proyecto.

Representantes y autoridades de comunidades donde se asienta el proyecto demandan cualificar su participación local en la empresa y no ser sólo mano de obra no calificada, en el último eslabón de la estructura laboral. La YLB debería destinar recursos para equipar laboratorios y aulas destinadas a estos procesos formativos.

Que las comunidades se conviertan en socias del proyecto.

En la mayor parte de las operaciones mineras, las comunidades donde se asientan esas actividades suelen ser las más perjudicadas porque se daña su sistema de vida, medio ambiente, cultura y porque, corrientemente, quedan al margen de los beneficios económicos generados por la explotación de los recursos no renovables. Muchas empresas están optando por convertir a las comunidades en socias; por ejemplo, en Chile, las comunidades aledañas fueron convertidas en socias minoritarias de la empresa; así, el año 2022, recibieron un dividendo superior a 200 millones de dólares, al haber sido un año excepcional para la cotización del carbonato en el mercado internacional. En otros proyectos, se logran acuerdos en los cuales las comunidades son proveedoras de varios insumos (obras civiles, carpintería, metalmecánica, alimentación, mantenimiento); la empresa financia la capacitación de los interesados y luego les ayuda a organizarse como una empresa proveedora de algún servicio o producto específico y luego compra esos servicios o productos.

8

BIBLIOGRAFÍA

- Agencia Nacional de Minería. (2024). *Boletín estadístico informativo, Minería en Cifras*.
- Alonso, R. N. (1987). Geología y Metalogenia de la Puna. *Estudios geológicos*, 393-407.
- Alonso, R. N. (2017). Los salares de la puna argentina y su recurso minero. *Relatorio del XX Congreso Geológico Argentino*, 1018-1038.
- Baptista Gumucio, M. (2015). *San Cristóbal: una mina sin par en la historia de Bolivia*. La Paz.
- Borda, L. G. (2019). Distribución de Li en facies clásticas y químicas del Salar de Olaroz, Puna Norte, Jujuy. V *Reunión Argentina de Geoquímica de la Superficie (RAGSU) (La Plata, 12 al 14 de junio de 2019)* (págs. 146-149). La Plata: SEDICI, Repositorio Institucional de la UNLP.
- Bunel, E. (2024). *Estudio de vigilancia tecnológica sobre métodos de extracción directa de litio*. Santiago: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Bunel, E. E. (2024). *Estudio de vigilancia tecnológica sobre métodos de extracción directa de litio*. Santiago: CEPAL.
- Central Única Provincial de Comunidades Originarias de Nor Lípez. (11 de Mayo de 2025). Acción Popular. *Acción Popular en contra de contratos de YLB con empresas extranjeras*. Colcha K, Potosí, Bolivia .
- CEPAL. (2023). *Extracción e industrialización del litio*. Santiago: CEPAL.
- El diario AR. (22 de Octubre de 2024). *elDiarioAR*. Obtenido de https://www.eldiarioar.com/economia/deposito-litio-grande-mundo-estados-unidos-40-millones-toneladas-impacto-argentina_1_11755542.html
- Fornillo, B. (2023). Las fronteras latinoamericanas del litio. *Nueva Sociedad*, 306.
- Gobierno de Canadá. (s.f.). *Recursos naturales de Canadá*. Obtenido de Lithium facts: <https://natural-resources.canada.ca/minerals-mining/mining-data-statistics-analysis/minerals-metals-facts/lithium-facts>
- Gómez Sabañi, J. C. (Mayo de 2015). *Impacto fiscal de la explotación de recursos naturales no renovables en países de América Latina y el Caribe*. Santiago: CEPAL.
- Hanni, M., Jiménez, J. P., & Ruelas, I. (2018). *Ciclo de precios y regímenes fiscales vinculados con los recursos naturales no renovables en América Latina y el Caribe*. Santiago: CEPAL.
- Igarzábal, A. P. (1980). *El salar del Hombre Muerto*. Acta geológica Lilloana. Buenos Aires.
- Instituto Nacional de Estadísticas. (5 de diciembre de 2024). *INE*. Obtenido de <https://www.ine.gob.bo/index.php/estadisticas-economicas/hidrocarburos-mineria/mineria-cuadros-estadisticos/>
- Jorratt, M. (12 de diciembre de 2022). *Repositorio CEPAL*. Obtenido de <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/e2cab4d6-2708-461e-9940-6e990c0d1048/content>
- López Steinmetz, R. L. (2024). *El libro del litio argentino 2024*. Buenos Aires.
- López Steinmetz, R. (2024). *El libro del litio argentino*. Obtenido de <https://litioargentina.com/produccion/romina-lopez-steinmetz-si-la-mineria-del-litio-se-desarrolla-a-su-maximo-potencial-cambiar-la-estructura-socio-economica-de-la-puna/>
- Nueva Minería y Energía. (22 de agosto de 2024). *nme*. Obtenido de <https://www.nuevamineria.com/revista/sqm-registra-perdidas-de-mas-de-us655-millones-en-el-primer-semester-por-menor-precio-del-litio/>
- Penelli, S. D. (9 de octubre de 2024). *Energy Report*. Obtenido de <https://www.ambito.com/energia/litio-rio-tinto-compra-arca-dium-us6700-millones-efectivo-n6068586>
- Peñailillo, S. (Junio de 2009). Desarrollo de un proyecto minero. Santiago, Chile.
- Real Herráiz, J. I. (2024). *Propuesta sobre un modelo conceptual de monitoreo integrado de salares en los países del triángulo del litio*. Santiago: CEPAL.
- Real Herráiz, J. I. (2024). *Propuesta sobre un modelo conceptual de monitoreo integrado de salares en los países del triángulo del litio*. Santiago: CEPAL.
- Rojas Badilla, L. S. (2006). *Análisis de la situación hidrológica e hidrogeológica de la cuenca del Salar de Maricunga, III Región*. Santiago: CIREN.
- Romero, A., Aylwin, J., & Didier, M. (2019). *Globalización de las empresas de energía renovable: extracción de litio y derechos de los pueblos indígenas en Argentina, Bolivia y Chile ("Triángulo del litio")*. Antofagasta: Observatorio ciudadano.
- Salas, J. G. (2010). Hidrogeología del sistema lagunar del margen este del salar de Atacama (Chile). *Boletín geológico y minero*, 357-371.
- Schmidt, N. (2010). Hydrogeological and hydrochemical investigations at the Salar de Uyuni (Bolivia) with regard to the extraction of lithium. *Freiberg Online Geology*.
- SME. (2019). *Mineral Processing and extractive metallurgy handbook*. Denver: SME.
- Somos pueblo. (10 de marzo de 2024). *Facebook*. Obtenido de https://www.facebook.com/watch/live/?mibextid=w8EB-qM&ref=watch_permalink&v=1489749934937976&rdid=IMjD-Dt9E8RKLhwXF
- Svendsen, J. (2002). Parabolic halite dunes on the Salar de Uyuni, Bolivia. *Sedimentary Geology*, 147-156.
- Trading Economics. (5 de diciembre de 2024). *Trading Economics*. Obtenido de <https://es.tradingeconomics.com/commodity/lithium>
- Universidad de Antofagasta. (s.f.). Obtenido de <https://intranet.ua.uantof.cl/salares/pag%20web/Salar%20Atacama/articulos/Salar-Atacama%20Risacher.pdf>
- USGS. (Enero de 2024). *United States Geological Survey*. Obtenido de Lithium: <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2024/mcs2024-lithium.pdf>
- Vinante, D. y. (2006). Evapofacies del salar Hombre Muerto, Puna argentina: distribución y génesis. *Revista de la Asociación geológica argentina*, 286-297.
- Welham, N. (2019). Lithium. En S. K. Kawatra, *SME Mineral Processing and Extractive Metallurgy Handbook* (págs. 1839-1853). Denver: SME.
- Yacimientos de Litio Bolivianos. (2019). *Memoria anual*. La Paz: YLB.



@JubileoBolivia



Fundación Jubileo



@fundacionjubileo



Fundación Jubileo



Fundación Jubileo



591 72025776

www.jubileobolivia.org.bo

