



UNIVERSIDAD
Finis Terrae

UNIVERSIDAD FINIS TERRAE

FACULTAD DE DERECHO

MAGISTER EN RECURSOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE

EXPLOTACIÓN SUSTENTABLE DEL LITIO EN CHILE

JAVIER COOPMAN CORRAL

Artículo Académico presentado a la Facultad de Derecho de la Universidad Finis Terrae,
para optar al grado de Magister en Recursos Naturales y Medio Ambiente.

Profesor Guía: Aldo Cardinali Trincado

Santiago, Chile

2021

Resumen.

Chile es el segundo productor mundial de litio y el país que posee las mayores reservas del orbe, por lo que es un actor fundamental en el mercado. En nuestro país, la producción de este mineral se realiza mediante la evaporación solar de las salmueras que se extraen desde los salares y, debido a la gran carga hídrica que ello significa, resulta fundamental avanzar hacia una explotación sustentable que permita mantener un equilibrio entre el interés económico, social y medioambiental.

Las particularidades, en materia jurídica, hacen aún más complejo el escenario, pues conviven dos regulaciones. Una anterior a 1979 o periodo de concesibilidad y otra posterior, en donde el litio pasa a ser de dominio absoluto del Estado e inconcesible. Respecto de estos últimos, solo el estado, sus empresas o particulares vía concesiones administrativas o contratos especiales de operaciones pueden extraer este mineral.

Si queremos continuar como uno de los mayores productores de litio a nivel mundial, se deben tomar medidas que permita el pilotaje de nuevas tecnologías en los distintos salares con viabilidad geológica, que a diferencia de las técnicas hoy usadas, podrían permitir una explotación sostenible de este importante mineral para el futuro.

Palabras clave: litio, salares, sustentabilidad, nuevas tecnologías.

Abstract

Chile is the world's second largest lithium producer and the world's largest producer of lithium reserves, becoming a key player in the market. In Chile, the production of this mineral is performed by solar evaporation of the brines extracted from the salt flats and, due to the large water load that this means, it is critical to move towards a sustainable exploitation that will enable to maintain a balance between economic, social and environmental interests.

The particularities, in legal matters, make the scenario even more complex, since there are two coexisting regulations. One prior to 1979, or concession period, and the other after, where lithium enters to the domain of the State and becomes unconcessionable. With respect

to the latter, only the state, its companies or individuals through administrative concessions or special operating contracts are allowed to extract this mineral.

If we want to continue as one of the largest lithium producers in the world, measures must be taken to allow the piloting of new technologies in the different salt flats with geological feasibility, which, unlike the techniques used today, could allow a sustainable exploitation of this important mineral for the future of the world.

Key words: lithium, salt flats, sustainability, new technologies.

1.- Introducción.

En los últimos años y por diversas circunstancias el litio ha estado presente en la discusión pública de nuestro país. Sin embargo, la mayoría de las veces se habla de él repitiendo titulares como el “oro blanco”, “el futuro de Chile”, la “nacionalización” u otros términos similares.

El presente artículo no se centra en esta discusión, más bien, trata de abordar la temática desde un punto de vista objetivo y servir, de una forma simple, como guía práctica para entender de que hablamos cuando hablamos de litio.

Para el logro de este objetivo, el trabajo se divide en seis acápite. El primero centrado en entregar al lector nociones generales sobre el litio, tales como recursos y reservas; oferta y demanda; precios.

El segundo, se centra en la producción nacional actual de este mineral y las proyecciones futuras del mismo.

Por su parte, el tercer apartado, analiza el régimen jurídico del litio en nuestro país, diferenciando el escenario existente antes y después del año 1979, fecha en que hubo un cambio fundamental en la legislación nacional, quedando a partir de esa fecha su explotación reservada exclusivamente para el Estado de Chile.

Con el objetivo de tener una mirada más completa, el cuarto acápite se centra en enumerar y explicar las diversas formas de explotación de este mineral: explotación de roca, de salmuera y de arcillas.

La quinta parte se centra en resolver la siguiente interrogante: ¿es posible un desarrollo sustentable de la industria del litio en nuestro país?, entregando ciertos elementos para lograr este objetivo.

Por último, se hace referencia a la irrupción de nuevas tecnologías para la una explotación sustentable del recurso desde salmueras, pero dejando de lado la forma tradicional de evaporación.

2.- Nociones Generales.

El litio es el más liviano de todos los metales (densidad 0.534 g/cm), se presenta en color plateado y posee un conjunto de propiedades altamente valoradas hoy en día: elevada conductividad eléctrica, baja viscosidad, liviano y bajo coeficiente de expansión térmica. Estas cualidades, permiten que tenga múltiples aplicaciones en el sector industrial y especialmente en el ámbito de las baterías, dada la tendencia tecnológica actual. Aún más, resulta ser un elemento fundamental para la fabricación de computadores, automóviles eléctricos, teléfonos celulares, sistemas de almacenamiento de energía en general y otros múltiples dispositivos electrónicos. Sin embargo, y a pesar de que entre el año 2015 y 2019 las exportaciones de litio chileno casi se han cuadruplicado,¹ el mercado es aun relativamente pequeño si lo comparamos con el de otros minerales, o incluso con otros productos exportados por nuestro país. En efecto, las exportaciones de litio en el año 2020 representaron sólo el 1,51% de las exportaciones mineras de Chile,² quedando muy por debajo de otros productos exportados como la carne, vino o los salmones.

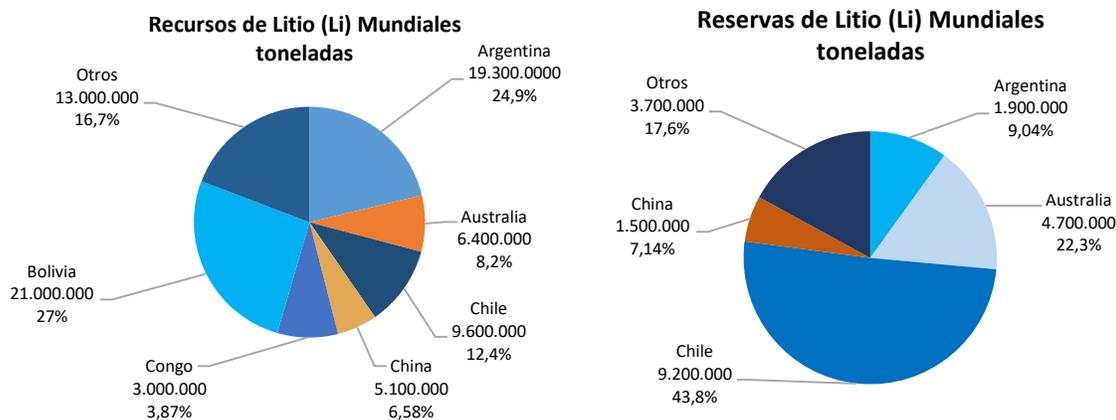
Según el Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS), los recursos mundiales de litio ascienden a 80 millones de toneladas aproximadas. Por su parte, las reservas totalizan 21 millones de toneladas,³ tal como se ve en los siguientes gráficos:⁴

¹ Cochilco, Oferta y Demanda del Litio hacia el 2030, agosto 2020.

² Elaboración propia en base a los datos publicados por el Banco Central, disponibles en <https://www.bcentral.cl/web/banco-central/areas/estadisticas/comercio-exterior-de-bienes>

³ USGS, 2021 <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2021/mcs2021-lithium.pdf>

⁴ Cochilco, Oferta y Demanda del Litio hacia 2030, agosto 2020.



Como se puede reconocer de la gráfica anterior, nuestro país cuenta con las mayores reservas y actualmente se consolida como el segundo productor de litio a nivel mundial, por lo que cuenta con una condición privilegiada y una gran oportunidad, no solo para consolidar y ampliar su posición dominante en el mercado, sino que también para impulsar nuevas tecnologías que sean más amigables con el medio ambiente y por lo tanto desarrollar una industria más sostenible.

2.1.- Demanda del Litio.

Entre los años 2000 y 2019, la demanda del litio ha aumentado un 396%, pasando de las 65.000 toneladas de carbonato de litio equivalente (en adelante LCE) a las 323.000 toneladas LCE.⁵

En 2019, el 32% de la demanda estuvo relacionada a la fabricación de baterías para vehículos eléctricos, mientras que el 68% estuvo focalizada en el área industrial, artículos electrónicos y sistemas de almacenamiento energético.⁶

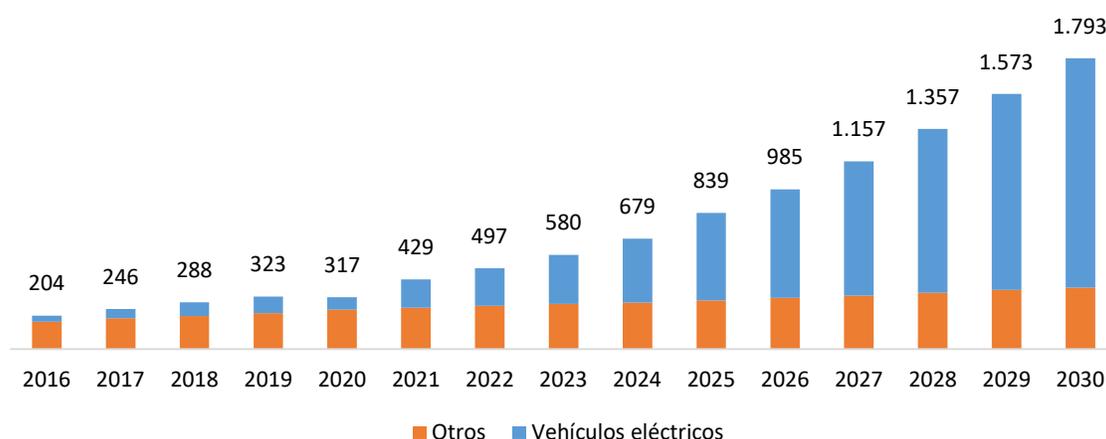
La industria del litio no ha estado ajena a los efectos de las nuevas políticas públicas a nivel mundial respecto a la reducción de las emisiones de CO₂ y carbono neutro de los países, que, por cierto, han afectado de manera positiva la demanda de este mineral. En los últimos años el sector transporte ha sido el principal demandante de litio, debido a la

⁵ Cochilco, Oferta y Demanda del Litio hacia el 2030, agosto 2020.

⁶ Ídem anterior.

producción de vehículos eléctricos livianos o de pasajeros. Esta es una tendencia que se espera continúe creciendo progresivamente, a medida que los automóviles de combustión interna comiencen a ser progresivamente reemplazados por alternativas menos contaminantes.

Así las cosas, se espera que la demanda futura de litio se concentre en el segmento de las baterías para vehículos eléctricos. Según estimaciones de la Comisión Chilena del Cobre (en adelante COCHILCO), hacia el 2030 se requerirían a nivel mundial más de 1 millón 700 mil toneladas de LCE, de las cuales el segmento de automóviles eléctricos representaría el 79% del consumo de litio.

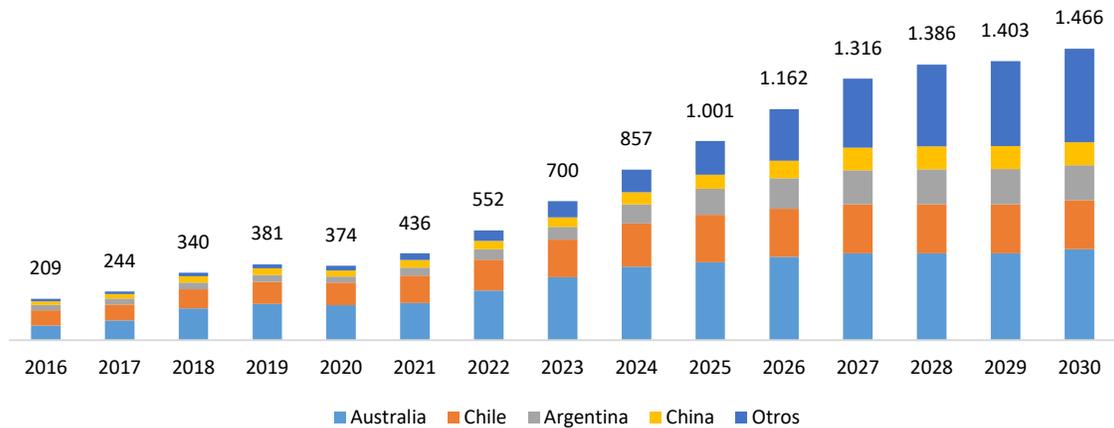


Demanda agregada de litio (miles de toneladas de LCE) Fuente: COCHILCO 2020

2.2.- Oferta del Litio.

El año 2019, la oferta mundial de LCE registró 381.000 toneladas, concentrándose principalmente en Australia, Chile y Argentina. La proyección de oferta de LCE para el año 2030, se estima alcanzaría 1.466.000 toneladas.⁷

⁷ Cochilco, Oferta y Demanda del Litio hacia el 2030, agosto 2020.



Producción de litio (miles de toneladas LCE) Fuente: COCHILCO 2020

2.3.- Precio del Litio.

A diferencia de otros minerales, los precios del litio generalmente no se publican y dependen de la naturaleza y calidad del producto que se comercializa, así como de los términos del contrato específico que se negocian directamente entre el productor y el consumidor final. Por lo tanto, los indicadores de precios existentes son sólo referenciales y se basan en varios factores, como son las importaciones, exportaciones y la información sobre contratos privados, generalmente de largo plazo.

Desde el año 2018, la Bolsa de Metales de Londres (LME) ha realizado esfuerzos para fijar un precio de referencia que sea tranzado en bolsa, pero las características propias y los diversos productos de litio han complejizado esta tarea. A pesar de las dificultades, se espera que en los próximos años se posean precios referenciales tanto del carbonato grado batería como del hidróxido de litio.

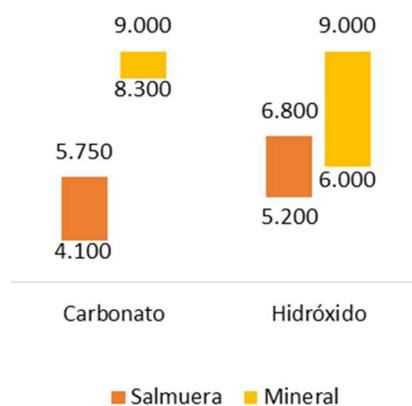
En términos generales, el litio como producto se puede categorizar según su composición química en carbonato, hidróxido y otros compuestos que incluyen concentrados, butil-litio, bromuro y metal de litio. Actualmente, el carbonato es el producto de mayor utilización industrial con cerca de un 71%, seguido del hidróxido con un 24%. De igual forma, tanto el hidróxido como el carbonato se pueden categorizar en grado técnico y

grado batería según el grado de pureza de su composición. En el caso del carbonato, el grado técnico usualmente suele requerir un 99,0% de pureza y el grado batería al menos un 99,5%.⁸

Dado el volumen potencial de las nuevas capacidades de producción que entrarían en el mercado y, de acuerdo con las proyecciones de demanda, se espera que el precio de largo plazo,⁹ en términos reales se sitúe en torno a los US\$ 8.300 por tonelada para el carbonato de litio y de US\$ 9.550 por tonelada para el hidróxido de litio.¹⁰

3.- Producción de litio en Chile.

En nuestro país, el carbonato de litio se extrae desde salmueras, mediante la evaporación solar como proceso convencional, representando menores costos de producción, los que fluctúan entre US\$ 4.100/ton y US\$ 5.750/ton, situándose bajo los registrados por la producción en base a mineral de roca, según lo indicado en la siguiente figura.



Rango de costos estimados Fuente: COCHILCO 2020

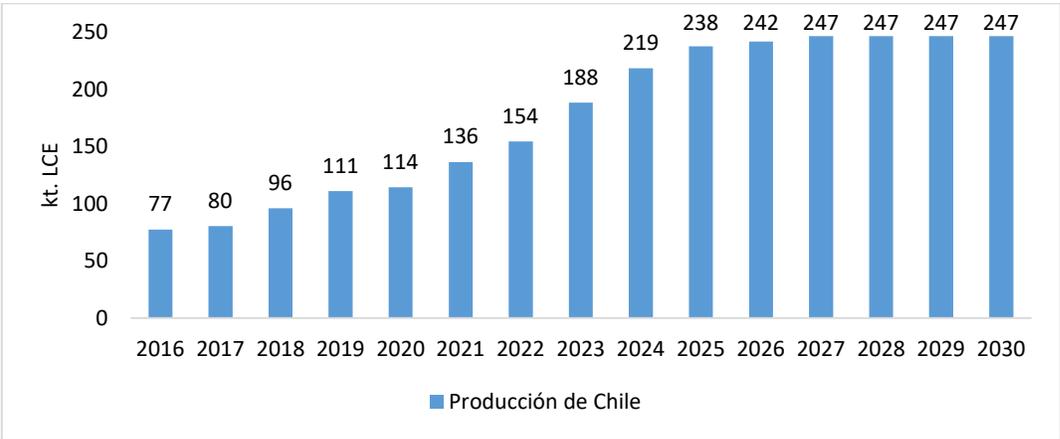
La producción chilena ha registrado un sostenido aumento. Se espera que se duplique en los próximos años, alcanzando las 238.000 toneladas al 2025, esto gracias, fundamentalmente, a la expansión de los proyectos operando en el Salar de Atacama.

⁸ Cochilco, Oferta y Demanda del Litio hacia el 2030, agosto 2020.

⁹ Período 2025-2029.

¹⁰ Cochilco en base a Consensus Economics, julio de 2020.

En efecto, producto de las modificaciones contractuales acordadas entre la Corporación de Fomento y Producción (CORFO) y Albemarle (2016) y entre la estatal con SQM (2018), ambas empresas iniciaron ampliaciones a sus plantas: mientras la primera espera aumentar su producción a 88 mil toneladas de carbonato por año, la segunda lo hará a 180.000 toneladas año.



Producción de litio de mina de Chile. COCHILCO 2020

Hacia el año 2025 se aprecia un estancamiento en la producción nacional pues no existen proyectos que, en el corto plazo, entren en operación. El año 2020 se aprobaron ambientalmente dos proyectos en el Salar de Maricunga (Región de Atacama): Proyecto Blanco, de minera Salar Blanco con una capacidad anual de 20 mil toneladas y el proyecto Sales de Maricunga, perteneciente a SIMCO SpA, con una capacidad anual de 5.700 toneladas anuales de carbonato de litio y 9.000 toneladas año de hidróxido de litio. A estas iniciativas, se suma la estatal Codelco quien obtuvo, en noviembre de 2020, una Resolución de Calificación Ambiental (RCA) para realizar un proyecto de exploración en el mismo salar.¹¹

4.- Régimen jurídico del litio.

Es necesario distinguir entre dos regímenes jurídicos que actualmente coexisten, uno basado en el sistema concesional, aplicable hasta el año 1979 y otro, en la reserva de la sustancia para el Estado, actualmente vigente.

¹¹ Elaboración propia en base a la información contenida en www.seia.gob.cl

4.1.- Régimen de concesibilidad del Litio al amparo del Código de Minería de 1932.

Bajo la vigencia de la Constitución Política de 1925 las minas pertenecían al Estado y la explotación de los minerales contenidos en ellas, incluido el litio, era entregada a terceros por la vía de una concesión minera. Así las cosas, el litio quedaba sujeto a las reglas generales en materia de concesiones mineras establecidas en la Constitución Política de la República y el Código de Minería.

Bajo este régimen, se otorgaron concesiones de explotación sobre una superficie superior a las 230.000 hectáreas en diversos salares ubicados en las regiones de Antofagasta y Atacama. De este total, el 83% se encuentran en manos del Estado de Chile: por un lado, Corfo, que posee pertenencias en el Salar de Atacama, y, por otro lado, las empresas mineras del Estado (Codelco y Enami) en los salares de Maricunga, Pedernales, Aguilar e Infieles.¹²

4.2.- Régimen de no concesibilidad del Litio (reserva de la sustancia para el Estado).

4.2.1.- Antecedentes históricos.

El año 1965 se crea la Comisión Chilena de Energía Nuclear (CCHEN).¹³ Con ella, se reservó al Estado los “yacimientos de materiales atómicos naturales”,¹⁴ encomendando a un reglamento establecer su definición, lo que se materializó con la dictación del Decreto Supremo N°450,¹⁵ el que distinguió entre materiales atómicos naturales (como el torio y el uranio) y materiales de interés nuclear, conceptualizando estos últimos como aquellos que prestan utilidad o tienen un uso específico en instalaciones nucleares o radioactivas, entre los cuales se incluyó expresamente el litio.¹⁶

¹² Elaboración propia en base a listado de concesiones de explotación bajo el régimen del Código de 1932 de Sernageomin (2019).

¹³ Ley 16.319.

¹⁴ Artículo 5 ley 16.319.

¹⁵ DS N°450, Ministerio de Economía que fija el Reglamento de Términos Nucleares, 21 de agosto de 1975.

¹⁶ VERGARA BLANCO (2010), Alejandro. Instituciones del derecho minero. Editorial Abeledo Perrot.

El 30 de septiembre de 1976, se publicó el Decreto Ley N° 1.557 sobre exploración, explotación y beneficio de materiales atómicos naturales y sobre el acopio de materiales de interés nuclear, elevando a rango legal el interés nuclear del litio.

En 1979 se dictó el Decreto Ley N° 2.886,¹⁷ que lo reservó para el Estado en forma expresa, situación que fue posteriormente ratificada por la Ley Orgánica Constitucional (LOC) de Concesiones Mineras del año 1982.¹⁸

Esta reserva subsiste hasta el día de hoy, con dos excepciones:

- a) El litio proveniente de pertenencias ya constituidas sobre litio (pre-1979) y cualquiera de las sustancias que establecía el Código de Minería de 1932, que al 14 de noviembre de 1979 contaran con acta de mensura inscrita, vigente y cuya manifestación se encontrare inscrita antes del 1° de enero de 1979; y
- b) Del litio existente que, en pertenencias que, al 14 de noviembre de 1979 estuvieren en trámite, en tanto su manifestación también haya estado inscrita antes del 1° de enero de 1979.

En el mismo orden de ideas, el Decreto Ley N° 2.886 encomendó a una ley regular la forma en que el Estado ejercería los derechos sobre el litio, prohibiendo, además, la realización de cualquier acto jurídico respecto al mineral, sino en tanto éstos se ejecuten o celebren por la CCHEN o autorizados previamente por ella, estableciendo que una vez dada la autorización ésta no podía ser modificada ni extinguida.

La calificación de “interés nacional” para reservar el litio al Estado radica, entre otros argumentos, el de considerarse como un material de interés nuclear, pero principalmente, por las importantes reservas existentes de este mineral, siendo el Salar de Atacama, el yacimiento más importante a nivel mundial. Así quedó establecido en la historia de la Ley Orgánica

¹⁷ Artículo 5° del Decreto Ley N°2.886 dispuso: “*Art.5.- Por exigirlo el interés nacional, desde la fecha de vigencia de este decreto ley, el litio queda reservado al Estado*”.

¹⁸ Artículo 3 inciso 4°

Constitucional de Concesiones Mineras, en donde el Ministro de Minería de la época, José Piñera Echenique fundamentaba en este sentido que:

*“Las reservas chilenas conocidas de litio constituyen aproximadamente el 40% de las reservas mundiales de esta sustancia. Por otra parte, la compleja e incipiente tecnología de producción y utilización del litio ha conducido a que el mercado internacional no sea competitivo. De lo anterior se concluye que no aparece aconsejable innovar en el actual status del litio, ya que podría no ser conveniente para el interés nacional debilitar el actual control de la oferta de esta sustancia por parte del Estado de Chile”.*¹⁹

4.2.2.- Régimen jurídico vigente para el Litio.

La Constitución de 1980 mantuvo el dominio de los minerales en el Estado, clasificando las sustancias minerales como concesibles y no concesibles (o inconcesibles). A nivel constitucional y fundándose en el interés público de la explotación minera, el inciso 6° del numeral 24 del artículo 19 de la Constitución establece que:

“El Estado tiene el dominio absoluto, exclusivo, inalienable imprescriptible de todas las minas, comprendiéndose en éstas las covaderas, la arenas metalíferas, los salares, los depósitos de carbón e hidrocarburos y las demás sustancias fósiles, con excepción de las arcillas superficiales, no obstante la propiedad de las personas naturales o jurídicas sobre los terrenos en cuyas entrañas estuvieren situadas”.

Por su parte el inciso 7°, de la misma disposición constitucional, entrega a la ley la determinación de cuáles son las sustancias susceptibles de ser objeto de concesiones de exploración o de explotación.

¹⁹ Historia de la Ley Orgánica Constitucional sobre Concesiones Mineras, pagina 12, Biblioteca del Congreso Nacional.

Es así, como la LOC de Concesiones Mineras, en su artículo 3 inciso 4°, declara la inconcesibilidad del litio, cuyo aprovechamiento, por mandato del artículo 19 N°24 inciso 10° de la Constitución, corresponde al Estado.

A su vez, el Código de Minería prescribe la inconcesibilidad del litio en su artículo 7°, ratificando en su artículo 8° que la exploración y explotación de esta mineral queda reservado al Estado o sus empresas repitiendo la disposición constitucional del artículo 19 N°24 inciso 10°.

Es decir, bajo la vigencia de la Constitución de 1980,²⁰ de la Ley Orgánica Constitucional sobre Concesiones Mineras y del Código de Minería de 1983, la exploración y explotación de litio corresponde de manera exclusiva al Estado de Chile. Esto se traduce en que, dentro del perímetro de una concesión minera otorgada por los tribunales de justicia, el titular puede explorar y explotar todas las sustancias concesibles.

Si como producto de la actividad minera desarrollada, se encuentra con litio en un volumen considerable, éste debe ser entregado al Estado, a través de diversos procesos que se encuentran establecidos para tal efecto.

4.2.3. Forma de explotación del Litio.

De acuerdo con la legislación vigente, a las que hicimos referencia anteriormente, las formas de explotación del litio son las siguientes:

- **Directamente a través del Estado o sus empresas:** Situación que obliga a cumplir con lo dispuesto en el artículo 19 N°21 de la Constitución Política de la República, que impone al Estado y a sus organismos, para poder desarrollar actividades empresariales o participar en ellas, contar con una ley de quorum calificado que así los autorice;
- **Concesión administrativa:** La que puede ser definida como un contrato administrativo celebrado entre el Estado y una empresa particular, mediante el cual el primero delega

²⁰ Ley 19.087, publicada en Diario Oficial de fecha 21 de enero de 1982.

en el segundo su responsabilidad de explorar y explotar sustancias no concesibles, comprometiéndose la empresa privada a desarrollar, por su propia cuenta y riesgo, la actividad convenida;

- **Contrato especial de operación (CEOL)** es aquel en virtud del cual una persona natural o jurídica se obliga a realizar todo o parte de las actividades correspondientes a la fase de exploración, explotación y beneficio, en el área o lugar y en el plazo estipulado.

El Estado goza, respecto del litio, del derecho a ser informado de su presencia y a exigir a los productores que le entreguen o para que los enajene por su cuenta, en tanto haya presencia significativa, conforme lo estipula el artículo 12 del Código de Minería.²¹ Dicho de otra forma, implícitamente se permite al concesionario minero no separar el Litio de sus sustancias concesibles, cuando el litio no tenga presencia significativa.

Asimismo, previo a la entrega del litio, el Estado queda obligado a reembolsar al concesionario los gastos en que haya incurrido en la reducción, separación y entrega además de costear las modificaciones y obras complementarias que fuere necesario realizar para dicha separación y reducción, obras que serán de propiedad estatal.

Tal como se ha señalado existen dos regímenes jurídicos vigentes. Además de esta situación, que ya posee un grado de dificultad, se suma otra: ¿qué pasa cuando el Estado por medio de un CEOL entrega a un tercero la titularidad del litio contenido en una respectiva área y sobre ella existe un titular de una concesión de explotación post 79?.

²¹ Artículo 12° Código de Minería establece: “Para los efectos de los artículos 9° y 10, se entiende que una sustancia tiene presencia significativa en un producto minero, esto es, que es susceptible de ser reducida o separada desde un punto de vista técnico y económico, cuando el mayor costo total que impliquen su recuperación mediante procedimientos técnicos de probada aplicación, su comercialización y su entrega, sea inferior a su valor comercial. Para los mismos efectos, se entiende por “producto minero” toda sustancia mineral ya extraída, aunque no haya sido objeto de beneficio”.

Esta situación fue resuelta por el Tribunal Constitucional (en adelante TC), a propósito de un requerimiento presentado contra el CEOL otorgado a Codelco para explotar el litio contenido en el Salar de Maricunga.²²

Amparado en las normas legales ya citadas, con fecha 9 de marzo de 2018, el Ministerio de Minería aprobó el CEOL entre el Estado y la Sociedad Salar de Maricunga Spa filial de CODELCO,²³ en virtud del cual se autoriza a esta sociedad explorar y explotar el litio en la totalidad del salar de Maricunga, excluidas las pertenencias pre-79.

Ante esta situación, un conjunto de sociedades legales mineras dedujo un requerimiento de inaplicabilidad por inconstitucionalidad respecto del artículo 9º (inciso segundo, segunda oración) por considerar que, para este caso específico, constituiría una vulneración a las garantías constitucionales consagradas en los numerales 22 y 24 del artículo 19 de la Carta Fundamental (no discriminación arbitraria y derecho de propiedad).

Para este caso específico, el Tribunal Constitucional resolvió que:

*“el dominio público que el Estado tiene sobre todas las minas puede coexistir junto al derecho de los concesionarios mineros sobre su concesión – y, por ello, sobre las sustancias concesibles que existan dentro de sus límites-, al derecho de propiedad de las personas naturales o jurídicas sobre los terrenos superficiales y, también, al derecho patrimonial del Estado para explorar, explotar y beneficiar las sustancias no susceptibles de concesión minera”.*²⁴

²² Tribunal Constitucional, Causa Rol N°4716-18, 17 de julio de 2019.

²³ Resolución N°2 que aprueba el contrato especial de operación para la exploración, explotación y beneficio de yacimientos de litio en el Salar de Maricunga, ubicado en la Región de Atacama, suscrito entre el Estado de Chile y la sociedad Salar de Maricunga Spa.

²⁴ Considerando Décimo Noveno.

Esta sentencia establece claramente el sentido constitucional y legal del litio, en virtud del cual se “consideró apropiado mantener el litio reservado para el Estado – como una excepción a la libre denunciabilidad de los minerales –”.²⁵ Al respecto, señaló que:

*“a diferencia de lo que ocurre con los hidrocarburos líquidos o gaseosos (inciso 7° del N° 24 del artículo 19), la inconcesibilidad del litio es de origen legal y no constitucional. Por otra parte, sobre su aprovechamiento por particulares no existe una regulación especial ni de carácter legal ni reglamentaria, rigiéndose por la regla general de aprovechamiento por el Estado de las sustancias no concesibles contenida en el artículo 19 N° 24 inc.10° de la CPR a través de las modalidades que allí se indican, entre las cuales se encuentra la celebración de Contratos Especiales de Operación”.*²⁶

Habrá que tener presente este fallo y la importancia que pueda significar ante el Decreto del Ministerio de Minería,²⁷ que establece los requisitos y condiciones de los CEOL y el llamado a licitación pública, nacional e internacional por 400.000 toneladas de litio metálico, recientemente publicado.

5.- Procesos utilizados para la explotación del litio.

En general se pueden distinguir tres fuentes potencialmente explotables de litio a nivel mundial: de mineral de roca o pegmatitas (comúnmente en la forma de espodumeno), salmueras y en rocas sedimentarias. En la actualidad, el mineral de roca y las salmueras son las únicas fuentes de producción de litio.

Para extraer litio de pegmatitas se debe efectuar una operación minera a rajo abierto, los minerales son sometidos a un proceso de concentración, el que comprende chancado, molienda y flotación.

²⁵ Considerando Décimo Tercero.

²⁶ Considerando 15° Sentencia TC

²⁷ Decreto Supremo N°23, Diario Oficial N°43.076, 13 de octubre 2021.

Por su parte, la explotación de salmueras por evaporación solar (método utilizado en nuestro país) consiste principalmente en bombear salmuera desde el interior del salar para enviarlas a piscinas de evaporación donde se cristalizan secuencialmente las distintas sales. En el caso del Salar de Atacama el primer elemento a precipitar es el cloruro de sodio, continuando con silvinita (Cloruro de Potasio), carnalita (cloruro doble de potasio y de magnesio) y bischosfita (cloruro de magnesio hexahidratado). Esta operación permite concentrar la salmuera de litio. Luego debe pasar por un proceso de purificación en planta, minimizando el contenido de boro mediante extracción por solventes y posteriormente se purifica eliminando el calcio y magnesio.

Ambos modos de explotación presentan las siguientes ventajas y desventajas:²⁸

	Ventajas	Desventajas
Salmueras	No requiere de grandes instalaciones de planta, ni de equipamiento mayor; No requiere proceso de conminución (reducción de tamaño mediante chancado o molienda); Bajo costo operacional.	El tiempo requerido para cosechar el litio es entre 12 y 24 meses; Evaporación depende del clima (evaporación vs. precipitaciones); Elevada concentración de Mg complica extracción y requiere mayor consumo de reactivos; Residuos salinos con poco valor (p.ej. sales impuras de Na y Mg).
Pegmatitas	No depende de factores climáticos; Complementa la oferta restringida desde salares.	Requiere instalaciones de planta con mayores equipos; Alto consumo de energía en combustible durante la reducción de tamaño del mineral; Consumo de reactivos en las etapas de separación; Alto costo operacional.

²⁸ Cochilco, La explotación del Litio en Chile, 2014.

Al 2019, Australia contribuyó casi con la totalidad de la producción a partir de yacimientos pegmatíticos (86% de la categoría en 2019). La producción a partir de salmueras, por su parte, proviene principalmente de Chile (65% del total de la categoría en 2019) y Argentina (21%), países que actualmente sólo producen litio a partir de esta categoría.²⁹

Por otra parte, respecto a la iniciativa de extraer litio de arcillas, podemos mencionar que la empresa Tesla desarrollo ciertos acuerdos, que le permitirían extraer y procesar su propio litio desde depósitos de arcilla con alto contenido del mineral. Lo anterior, con el fin de reducir sus costos en la producción de baterías.

Generalmente se ha considerado que, la producción de litio a partir de arcillas es demasiado difícil y costosa, debido a las bajas tasas de recuperación. Por otro lado, se proyecta que hacia 2030, alrededor del 5% de la producción mundial podría provenir de recursos no convencionales, como la arcilla.³⁰

Para el caso de nuestro país, esta materia resulta interesante pues existen estudios preliminares que demostrarían una presencia considerable de litio contenido en arcillas en el Salar de Llamara, ubicado entre las regiones de Tarapacá y Antofagasta. Según estos, existirían reservas interesantes, por lo menos en algunos sectores de Llamara, para producir del orden de las 60 mil toneladas de LCE por un periodo entre 30 a 40 años.³¹

6.- Sustentabilidad en la explotación del litio.

Con lo señalado hasta ahora, nos hacemos la siguiente pregunta: ¿es posible un desarrollo sostenible de la industria del litio de nuestro país y un uso racional de este recurso? Esperamos responder esta pregunta en los siguientes párrafos.

²⁹ Cochilco, Oferta y Demanda del Litio hacia el 2030, agosto 2020.

³⁰ <https://www.mch.cl/2020/09/30/tesla-ya-tiene-socio-para-el-litio-mientras-sqm-aprueba-dividendo-eventual/#>

³¹ Elaboración propia en base a información entregada por Llamara Lithium Group.

El concepto de desarrollo sostenible o sustentable,³² se remonta al Informe “Nuestro Futuro Común” elaborado por la comisión mundial sobre medio ambiente y el desarrollo,³³ y se asocia a un desarrollo duradero, o sea, “*asegurar que satisfaga las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las propias*”. Esta noción es complementada por la Declaración de Río sobre Medio Ambiente y Desarrollo, realizada en 1992, la que la incorpora en sus principios al señalar que “*debe ejercerse en forma tal que responda equitativamente a las necesidades de desarrollo y ambientales de las generaciones presentes y futuras*” (principio 3) o bien, indicando que para “*alcanzar el desarrollo sostenible, la protección del medio ambiente deberá constituir parte integrante del proceso de desarrollo y no podrá considerarse en forma aislada*” (principio 4).

Naciones Unidas, determinó los objetivos del desarrollo sustentable,³⁴ entre los que se pueden destacar el de “**Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos**” (objetivo 8), por el cual se busca alcanzar niveles más elevados de productividad económica mediante la diversificación, la modernización tecnológica y la innovación; o el “**Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles**”, por el cual se busca lograr la gestión sostenible y el uso eficiente de los recursos naturales, y en esa misma línea, adoptar medidas urgentes y significativas para reducir la degradación de los hábitats naturales y detener la pérdida de biodiversidad.

La legislación nacional conceptualiza el desarrollo sustentable como: “*El proceso de desarrollo sostenido y equitativo de la calidad de vida de las personas, fundado en medidas apropiadas de conservación y protección del medio ambiente, de manera de no comprometer las expectativas de las generaciones futuras*”.³⁵ A partir de este concepto, el desarrollo sustentable supone, entre otras conclusiones, “*una utilización racional de los recursos, de*

³² Para los efectos del presente trabajo se consideran conceptos sinónimos.

³³ Informe Brundtland, 4 de agosto 1987.

³⁴ Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, septiembre 2015,

³⁵ Artículo 2 Ley de Bases Generales del Medio Ambiente.

*manera que el crecimiento económico y productivo no lleven a una presión sobre los bienes ambientales más allá de sus propios límites”.*³⁶

Chile, posee un gran potencial para desarrollar la industria del litio, esto debido principalmente al nivel de reservas, bajos costos de explotación y una red de servicio mineros consolidada. Sin embargo, no podemos perder de vista, por las características y ubicación de las reservas salinas, este potencial debe ser desarrollado compatibilizando el cuidado medioambiental y el bienestar de los grupos humanos ubicados en zonas colindantes.

Los salares tienen su origen, producto de la acumulación de aguas en cuencas cerradas presentes en regiones áridas, donde la descarga por evaporación en el largo plazo es mayor que la recarga por precipitación, dejando en el fondo las sales y minerales que se acumulan con el tiempo.³⁷

Los salares, están formados localmente por una fracción líquida correspondiente a salmueras, representada por la depositación de diferentes sales transportadas en solución a la cuenca, y una fracción sólida constituida por distintos niveles de arena, limo y arcilla. Predominan sales tales como cloruros, sulfatos, nitratos, boratos, entre otros.³⁸

Conforme a un estudio realizado por Servicio Nacional de Geología y Minas (en adelante SERNAGEOMIN),³⁹ en el norte de nuestro país existen 63 ambientes salinos, desagregados en 45 salares y 18 lagunas salinas. El estudio se centró en el análisis de 18 salares andinos de las regiones de Antofagasta y Atacama, realizando la validación de la información disponible y la obtención de muestras (de costras salinas y de aguas) con el objetivo de determinar su potencial en litio y potasio. Esta información, fue la base del trabajo realizado el año 2017 entre el mismo organismo y el Comité de Minería No Metálica

³⁶ BERMUDEZ SOTO, Jorge (2014), Fundamentos de Derecho Ambiental, 2º Edición, pág., 78.

³⁷ RISACHER, ALONSO y SALAZAR (1999), Geoquímica de aguas en cuencas cerradas: I, II, III regiones - Chile.

³⁸ CERVETTO, Mariana (2012). Caracterización Hidrogeológica e Hidrogeoquímica De Las Cuencas: Salar De Aguas Calientes 2, Puntas Negras, Laguna Tuyajto, Pampa Colorada, Pampa Las Tepas Y Salar El Laco, II Región De Chile .

³⁹ SERNAGEOMIN, Estudio del Potencial del Litio en Salares del Norte de Chile, 2013

(CORFO) que tuvo por objeto establecer bases técnicas para identificar el potencial minero de dichos reservorios.⁴⁰

En base a estos trabajos se determinó que, de los 18 salares, excluidos el de Atacama, existirían nueve con un potencial geológico medio alto: ⁴¹ Tara, Loyoques Aguas Calientes Centro, Pajonales, La Isla, Aguilar, Parinas, Pedernales y Maricunga.

Los salares con potencial geológico, se encuentran emplazados en sectores cercanos a humedales altoandinos que a su vez revisten una importancia internacional para sustentar una gran diversidad biológica. Asimismo, con la extracción de salmueras se podría afectar el comportamiento hidrogeológico del acuífero lo que, sumado a la extracción de aguas dulces o salobres, necesarias para el proceso productivo, podría generar graves consecuencias no solo a los ecosistemas cercanos, sino que también, provocar efectos sociales a consecuencia de posibles alteraciones del recurso hídrico necesario para la subsistencia de los grupos humanos ubicados en las cercanías.⁴²

Estas características, hacen necesario que la explotación futura de los mismos se realice de manera sustentable. Si analizamos los salares con potencial geológico, nos encontramos con que: dos se encuentran total o parcialmente en reservas o parques nacionales; en tres, existen vegas protegidas; en dos, total o parcialmente existen sitios RAMSAR; en tres, hay acuíferos protegidos; uno fue declarado área de restricción hídrica; dos han sido declarados zona de prohibición hídrica; y tres de ellos, están al interior de zonas de desarrollo indígena.

Como podemos observar, la ubicación y característica de los reservorios resulta determinante a la hora de evaluar la explotación de cada uno de ellos. Así las cosas, sólo

⁴⁰ Informe sobre Priorización de Salares del Norte de Chile con relación a su Potencial en Litio: resultados del taller de trabajo SERNAGEOMIN – Corfo, de fecha 10 de enero de 2017.

⁴¹ El potencial geológico de un salar guarda relación con la cantidad (volumen) y calidad (concentración de litio) de las salmueras contenidas en los acuíferos asociados al él.

⁴² SEIA, Guía para la descripción de proyectos de explotación de litio y otras sustancias minerales desde salares, 2021.

cuatro salares no poseen condiciones o restricciones como las señaladas en el párrafo anterior y respecto de ellos podrían desarrollarse proyectos productivos. Sin embargo, no podemos desconocer la gran carga hídrica que implica este sistema tradicional, en donde para producir una tonelada de litio se debe evaporar unos dos millones de litros de líquido,⁴³ por lo que el uso de nuevas tecnologías representa un paso importante para la explotación sostenible del recurso.

En el mismo orden de ideas, según un estudio encargado por el Comité de Minería No Metálica de CORFO,⁴⁴ para revisar los compromisos ambientales contenidos en las diversas Resoluciones de Calificación Ambiental (RCA) y Planes de Alerta Temprana (PAT) de los proyectos que operan en el Salar de Atacama, se concluyó que, en materia de objeto de protección, el recurso hídrico es el componente de mayor relevancia.

Otro elemento que considerar en materia de sustentabilidad, son los impactos ambientales sinérgicos y acumulativos que dos o más proyectos pueden ocasionar en un mismo ambiente salino, como hoy ocurre, por ejemplo, en el Salar de Atacama. El Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) contempla que cada nuevo proyecto, deba evaluarse mediante un Estudio o una Declaración de Impacto Ambiental, pero la forma como está diseñado el sistema, hace en extremo compleja la evaluación en sectores en donde los recursos y los impactos son compartidos, como ocurre en los salares.

En efecto, el SEIA al ser un instrumento que se aplica a proyectos concretos emplazados geográficamente en lugares determinados, no permite una gestión colectiva del territorio o una gestión conjunta de varios proyectos. Así las cosas, podríamos encontrar dos proyectos de distinto titular ubicados en un mismo salar con distintas líneas de bases o incluso, con modelos hidrogeológicos diferentes, lo que claramente podría afectar la sustentabilidad del área.

⁴³ <https://n9.cl/ag71c>

⁴⁴ CORFO, Estudio para el análisis y preparación de un plan de trabajo con relación a las distintas RCA sobre el Salar de Atacama, Informe Final.

Así las cosas, el desarrollo productivo tradicional del litio desde salares, esto es mediante la evaporación solar, podría entrar en retirada ante la presencia y desarrollo de nuevas tecnologías que permitan compatibilizar el desarrollo económico con el cuidado del medio ambiente y el bienestar de la población, pero esto sólo podría ser posible en el mediano plazo, si se implementaran nuevas políticas públicas que busque incentivar el desarrollo de pilotos de tecnologías que busquen explotar este mineral de una forma más sostenible.

7.- Nuevas tecnologías en la explotación del litio en salares.

Las desventajas que la explotación tradicional del litio presenta para la sustentabilidad del mismo, constituye un gran desafío para el desarrollo de nuevas tecnologías, asociadas principalmente a buscar procesos que empleen un uso racional de agua y una baja tasa de evaporación; aumentar la capacidad de recuperación; disminuir considerablemente los tiempos de procesamiento y disponibilidad; o la flexibilidad necesaria para poder extraer el mineral desde salares que posean bajas concentraciones de litio.

Algunas opciones teóricas que se han desarrollado consisten en procesos físico/químicos de ultra/nano filtrado, extracción por solventes, procesos electroquímicos, evaporación térmica/solar, y separación mediante membranas. Sin embargo, estas tecnologías aún no cuentan con la experiencia suficiente a nivel de implementación industrial, por lo que los consumos energéticos, así como potenciales efectos ambientales y residuos generados durante el proceso aún no han sido evaluados en terreno.⁴⁵

A continuación, se presenta un cuadro explicativo donde es posible comparar los diversos procesos tecnológicos emergentes versus la explotación tradicional o convencional:

Tecnología	Proceso Recuperación	Recuperación Li	Evaporación Salmuera	Tiempo Procesamiento	Producto Final (Li)
Tradicional	Evaporación Solar	30 – 60%	85-95%	18 meses	Carbonato de litio

⁴⁵ Corporación Alta Ley, Antecedentes Industria del Litio, Proceso de Hoja de Ruta Tecnológica del Litio, 2020.

SOLVAY	Magnetos	99%	No hay	Horas	Hidróxido o Carbonato de Litio
ADIONICS	Diferencia de temperatura y liquido absorbente	90%	No hay	Horas	Hidróxido o Carbonato de Litio
ERAMET	Nanofiltración y osmosis inversa	90%	No hay	Horas	Carbonato de Litio
TENOVA	Extracción de solventes	95%	No hay	Horas	Hidróxido o Carbonato de Litio

Ahora bien, a pesar de las ventajas que estos nuevos prospectos de extracción y producción de litio presentan, ninguno ha sido utilizado a nivel industrial ni de pilotaje, sea con salmueras provenientes del Salar de Atacama u otro ambiente salino nacional. Es por ello que, para determinar una real dimensión sustentable de estas nuevas tecnologías, se hace fundamental incentivar estos trabajos en terreno.

Adicionalmente, existirán procesos con costos asociados a consumo energético que no han sido incluidos en la evaluación de estas tecnologías. Ello, podría eventualmente derivar en un análisis económico y ambiental desfavorable para estas nuevas tecnologías, debido a los costos de operación y balances negativos de emisiones de CO₂, y de otros contaminantes implicados en el proceso completo de producción de productos litio que aún no han sido evaluados debidamente, lo que podría aumentar el impacto en la zona de aplicación.⁴⁶

8.- Conclusiones.

El presente documento establece parámetros que buscan abrir una puerta al debate informado sobre el futuro de este mineral que, hoy por hoy, representa un insumo fundamental para la electromovilidad. Las exigencias que están imponiendo los usuarios finales para poder contar con un insumo verde a ser utilizados en sus productos, será un factor

⁴⁶ Corporación Alta Ley, Antecedentes Industria del Litio, Proceso de Hoja de Ruta Tecnológica del Litio, 2020.

gravitante y, sin lugar a duda, la explotación sustentable del litio será un elemento determinante para la industria de este mineral en los próximos años.

Hoy nuestro país es el segundo productor y el que posee las mayores reservas de litio del orbe, por ello tiene por delante un gran desafío, no solo desde un punto de vista económico, cual es, seguir siendo líder mundial en la producción, sino que también de la manera en que la explotación del litio logre satisfacer a los otros pilares de la sustentabilidad: el ámbito social y el medio ambiente. Mantener este equilibrio no es fácil y debe ser ayudado por una política pública que sea capaz de compatibilizar los distintos intereses que puedan existir.

El trabajo para lograr este gran objetivo, en parte ya está realizado: se han identificado los salares y sus características físicas, económicas, ambientales y sociales. Asimismo, se han analizado las ventajas y desventajas de las formas actuales de explotación y ya existe información suficiente sobre el uso de potenciales nuevas tecnologías, que podrían significar un uso eficiente del recurso hídrico y una menor afectación al medio ambiente que rodea a los ambientes salinos.

Sin embargo, este cambio tecnológico no podrá darse en el mediano plazo sin las políticas públicas que permitan implementar pilotajes en los distintos salares con características de viabilidad en cuanto a su explotación. Es necesario avanzar en este sentido si queremos lograr el aumento de la producción a nivel nacional, pero de una manera sostenible con el medio ambiente.

Chile posee una oportunidad insospechada para dar un gran salto, no tan solo en materia de explotación sustentable del litio, sino que también en subirse en la cadena de valor y ser capaz de producir no solo materias primas si no que partes o porque no pensar en baterías de litio. Estamos en el momento oportuno para ello.

Bibliografía citada.

- AGENDA 2030 para el Desarrollo Sostenible, Asamblea General de Naciones Unidas, 25 septiembre 2015, disponible en <https://undocs.org/sp/A/RES/70/1>.
- BERMUDEZ Soto, Jorge (2014), Fundamentos de Derecho Ambiental, 2º Edición, pág., 78.
- Informe BRUNDTLAND, presentado ante la Asamblea General de las Naciones Unidas, 4 de agosto 1987, página 23, disponible en español en <https://undocs.org/es/A/42/427>.
- CERVETTO, Mariana (2012). Caracterización Hidrogeológica e Hidrogeoquímica De Las Cuencas: Salar De Aguas Calientes 2, Puntas Negras, Laguna Tuyajto, Pampa Colorada, Pampa Las Tecas Y Salar El Laco, II Región De Chile.
- COCHILCO, La explotación del Litio en Chile, 2014.
- COCHILCO, Oferta y Demanda del Litio hacia el 2030, agosto 2020.
- CORPORACION Alta Ley, Antecedentes Industria del Litio, Proceso de Hoja de Ruta Tecnológica del Litio, 2020.
- CORFO, Estudio para el análisis y preparación de un plan de trabajo con relación a las distintas RCA sobre el Salar de Atacama, Informe Final. Región Metropolitana, diciembre, 2017, página 69. Disponible en línea en:
 - <https://www.corfo.cl/sites/Satellite?blobcol=urldata&blobkey=id&blobtable=MungoBlobs&blobwhere=1475167244481&ssbinary=true> .
- RISACHER, ALONSO y SALAZAR (1999). Geoquímica de aguas en cuencas cerradas: I, II, III regiones - Chile.
- SERNAGEOMIN, Estudio del Potencial del Litio en Salares del Norte de Chile, 2013
- SEIA, Guía para la descripción de proyectos de explotación de litio y otras sustancias minerales desde salares, 2021.
- VERGARA Blanco (2010), Alejandro. Instituciones del derecho minero. Editorial Abeledo Perrot.

Jurisprudencia citada.

- Sociedades Legales Mineras “Victoria una del Salar de Maricunga y otras” respecto del artículo 9° inciso segundo, segunda oración del Código de Minería, Tribunal Constitucional (requerimiento de inaplicabilidad por inconstitucionalidad), 17 de julio de 2019, causa Rol N° 4716-18-INA, disponible en <https://www.tribunalconstitucional.cl/expediente> .