



UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA COMERCIAL

ANÁLISIS ESTRATÉGICO DE LA INDUSTRIA DEL LITIO

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERA COMERCIAL

AUTORA

STEPHANIE MELLA

PROFESOR GUIA

LIONEL VALENZUELA

SANTIAGO DE CHILE, 22 DE MARZO, 2022.

Agradecimientos

“Eres tan grande como te propongas serlo y puedes llegar tan lejos como te dé la gana”.

Agradezco a mi chinita hermosa, por quien comencé este proceso. Por su infinito entendimiento, cariño y amor en todo momento.

A mis padres, hermanos y sobrinos por su confianza y fe en esta etapa.

A mi compañero de vida, quien me sostuvo en los momentos más complejos y me impulsó a continuar con mis metas.

1. Resumen Ejecutivo

En los últimos 10 años Chile ha visto reducida su participación en la industria litífera debido a la incapacidad de incrementar su capacidad productiva dado el carácter estratégico del litio, el cual rige desde 1979 y permite que solo el Estado o sus empresas sea quien pueda explotar y producir litio desde los salares presentes en Chile. Pese a esto, dos firmas privadas participan de la industria nacional de litio con una relación deficiente en términos de capacidad productiva sobre la cantidad de reservas existentes. Además, esta industria se basa principalmente en carbonato de litio, el cual tiene un menor valor de comercialización y cuenta con una menor concentración de litio resultando menos eficiente en la utilización de este en las baterías de ion-litio.

El presente trabajo de memoria realiza un profundo análisis de la industria nacional e internacional del litio demostrando las ventajas y falencias de Chile, como es la gran cantidad y calidad de reservas de litio presentes en el Salar de Atacama y en otros salares con alto potencial de este mineral, esto debido a las condiciones climáticas, baja concentración de magnesio/litio y escasas precipitaciones que permiten obtener los costos de producción más bajos a nivel mundial. Pese a estas ventajas comparativas, nuestro País solo se adjudica el 21,90% de la producción mundial ubicándose en el segundo lugar en términos productivos, por detrás de Australia.

La industria litífera tiene un amplio potencial explicado por el aumento exponencial observado en el uso de vehículos eléctricos e híbridos y en las baterías de ion-litio utilizadas para su producción, sin embargo, estas baterías presentan un mejor rendimiento con la utilización de hidróxido de litio, compuesto producido y exportado principalmente por China, el cual ha experimentado una reducción en su precio de venta siendo altamente competitivo al carbonato de litio exportado por Chile. Así mismo, se observa un incremento en los países acreedores de litio en sus actividades exploratorias, capacidades productivas y aplicación de

mejoras tecnológicas, demostrando el retraso de nuestro país en la innovación asociada a la industria litífera.

Lo anterior refleja la urgente necesidad de modificar la estrategia actual basada en costos que ya ha dejado a Chile con al menos 10 años de retraso y para ello se proponen diversas estrategias que pueden ser implementadas de manera conjunta para mejorar esta situación. Desde una actualización de las reservas, creación de un clúster de litio, empresa estatal enfocada en la industria litífera, nueva tecnología para realizar la explotación de litio y un desarrollo integral de la industria.

2. Índice

Agradecimientos	2
1. Resumen Ejecutivo	3
2. Índice	5
3. Problema de Investigación	9
4. Objetivos	10
4.1 Objetivo General.....	10
4.2 Objetivos Específicos.....	10
5. Alcance	11
6. Metodología	11
7. Marco Teórico	12
7.1 Análisis PEST	13
7.2 Cinco Fuerzas de Porter	14
7.3 Value Net.....	19
7.4 FODA.....	22
7.4.1. <i>Características internas.</i>	23
7.4.2 <i>Características Externas.</i>	24
8. Antecedentes	25
8.1 Fuentes del Litio.	26
8.2 Principales Reservas y Recursos.....	29
8.3 Usos y Compuestos del Litio.....	32
8.4 Demanda de Litio.....	35
8.5 Producción de Litio	40
8.6 Costos de explotación de litio en base a sus operaciones y fuentes.	46
8.6.1 <i>Costos asociados a la producción en base a salmueras.</i>	47
8.6.2 <i>Costos asociados a la producción en base a minerales de roca.</i>	49
8.7 Precio del Litio	52
8.8 Litio en Chile.....	54
8.9 Depósitos de Litio en Chile	56
8.10 Marco Normativo Chileno.....	59
8.11 Producción Chilena de Litio	64
8.12 Royalty y Aportes Económicos.....	68
8.13 Participación del Estado en el Proceso de Extracción y Explotación del Litio.....	73
9. Análisis Estratégico	75

9.1	Análisis PEST	75
9.1.1	<i>Factores Políticos</i>	75
9.1.2	<i>Factores Económicos</i>	78
9.1.3	<i>Factores Sociales</i>	81
9.1.4	<i>Factores Tecnológicos</i>	82
9.1.5	<i>Resumen PEST</i>	84
9.2	Cinco Fuerzas de Porter	85
9.2.1	<i>Amenaza de nuevos entrantes</i>	85
9.2.2	<i>Poder de Negociación de los Clientes</i>	87
9.2.3	<i>Poder de Negociación de los Proveedores</i>	87
9.2.4	<i>Amenaza de Productos Sustitutos</i>	87
9.2.5	<i>Rivalidad Entre Empresas</i>	88
9.2.6	<i>Resumen 5 Fuerzas de Porter</i>	89
9.3	Aplicación Value Net	90
9.4	Análisis FODA	94
9.4.1	<i>Fortalezas</i>	94
9.4.2	<i>Debilidades</i>	95
9.4.3	<i>Oportunidades</i>	96
9.4.4	<i>Amenazas</i>	97
9.4.4	<i>Resumen FODA</i>	98
10.	Benchmarking	99
10.1	Argentina	99
10.2	Bolivia	102
11.	Resumen	104
12.	Estrategias de mejora para la industria del litio en Chile en base a matriz FODA ...	107
12.1	Actualización de la cantidad de recursos y reservas	107
12.2	Modificación de la justificación de carácter estratégico del litio.	108
12.3	Empresa estatal del litio.	109
12.4	Clúster de la industria del litio.	110
12.5	Mejoras de los procesos extractivos	110
12.6	Desarrollo integral de la industria del litio	112
13.	Conclusiones finales	113
	Bibliografía	115

Índice de figuras

Figura 1 <i>Diagrama de Metodología</i>	12
Figura 2 <i>Cinco Fuerzas de Porter</i>	19
Figura 3 <i>Estructura Value Net</i>	20
Figura 4 <i>Matriz FODA</i>	23
Figura 5 <i>Proceso productivo en el Salar de Atacama por SQM</i>	27
Figura 6 <i>Ubicación del denominado triángulo del litio</i>	30
Figura 7 <i>Demanda de litio según grado y compuesto al año 2020</i>	36
Figura 8 <i>Uso final de litio según industria al año 2020</i>	37
Figura 9 <i>Cantidad de litio utilizada en baterías según producto</i>	39
Figura 10 <i>Proyección de utilización de litio año 2016-2030 (en kt. de litio)</i>	40
Figura 11 <i>Relación Producción en función de las reservas presentes por país</i>	42
Figura 12 <i>Evolución de la producción de compuestos de litio entre 1998 y 2020</i>	43
Figura 13 <i>Producción por compuesto químico al año 2020</i>	45
Figura 14 <i>Principales empresas productoras de litio al año 2020</i>	46
Figura 15 <i>Costos promedios del carbonato de litio desde salmueras desagregados por insumo</i>	48
Figura 16 <i>Curva de costos estimados de producción de carbonato de litio desde salmueras</i>	49
Figura 17 <i>Cash Cost Carbonato de litio e Hidróxido de litio según operaciones activas</i>	51
Figura 18 <i>Precio nominal promedio del carbonato e hidróxido de litio en Asia periodo 2016-2021</i>	53
Figura 19 <i>Composición química de los salares: concentración de litio versus mg/litio</i>	58
Figura 20 <i>Porcentaje de producción según compuesto al año 2020</i>	64
Figura 21 <i>Producción nacional de compuestos de litio 2011-2020, en toneladas</i>	66
Figura 22 <i>Royalties pagados por SQM en MUSD\$ desde el año 2006-2020</i>	71
Figura 23 <i>Montos pagados por SQM por categoría de impuesto a la renta entre 2006-2020 en MUSD\$</i>	72
Figura 24 <i>Tasa de desempleo de Chile periodo 2013-2021</i>	78
Figura 25. <i>Tasa de Política Monetaria 2013-2022</i>	79
Figura 26 <i>Dólar observado. Relación peso/Dólar</i>	80
Figura 27 <i>Presupuesto público de CTI (millones de pesos)</i>	83
Figura 28 <i>Resumen de las Cinco Fuerzas de Porter</i>	90
Figura 29 <i>Aplicación de Value Net en la industria del litio</i>	91

Índice de Tablas

Tabla 1 <i>Principales indicadores a utilizar en cada factor del análisis PEST</i>	14
Tabla 2 <i>Cantidad de recursos de litio en millones de toneladas.</i>	30
Tabla 3 <i>Cantidad de reservas de litio en toneladas.</i>	31
Tabla 4 <i>Principales compuestos y sus aplicaciones.</i>	34
Tabla 5 <i>Principales usos del litio según su respectiva industria desde el año 2014-2021</i> ...	35
Tabla 6 <i>Tipos de cátodos según su uso y cantidad de litio requerida.</i>	38
Tabla 7 <i>Producción mundial de litio en toneladas métricas año 2019-2020</i>	41
Tabla 8 <i>Operaciones activas en la producción de concentrado de espodumeno y compuestos de litio en Australia, Chile, China y Argentina.</i>	44
Tabla 9 <i>Principales modificaciones entre Albemarle, SQM y CORFO.</i>	63
Tabla 10 <i>Exportaciones chilenas de productos de litio 2009-2019 (Miles de US\$)</i>	67
Tabla 11 <i>Rango de precios USD\$/MT y su respectivo pago de royalty en porcentajes.</i>	68
Tabla 12 <i>Proyección de aportes de SQM y Albemarle desde 2018-2043 en miles de dólares.</i>	69
Tabla 13 <i>Proyectos en proceso asociado a la industria del litio en Argentina.</i>	101

3. Problema de Investigación

Chile posee una amplia gama de recursos naturales, entre los que se encuentran bosques, mares y minerales permitiendo el desarrollo de la economía nacional en base a ellos.

El cobre ha sido el mineral más importante para Chile desde 1940 hasta la actualidad, adjudicándose el 50% de las exportaciones totales en el año 2020 (SERNAGEOMIN, 2020). Sin embargo, el mineral que cuenta con mayores proyecciones hoy en día es el litio debido a su uso en energías renovables, en mayor medida en la industria automotriz (Nacif, 2018) y los múltiples compromisos que han adquirido los distintos países en la electrificación. Esto resulta atractivo para el Chile, ya que es acreedor de 9.6 millones de toneladas de recursos de litio y es el segundo productor mundial por detrás de Australia. Además, cuenta con ventajas relacionadas a la calidad del mineral y el clima presente en el Salar de atacama ayuda a que el costo que se deba incurrir para la explotación sea inferior a su competencia.

No obstante, el Decreto Ley 2.886 que se implementó en el año 1979 considera al litio como un mineral estratégico, por lo que no es posible que se generen nuevas licitaciones ni concesiones sin la aprobación de la Comisión Chilena de Energía Nuclear (CCHEN) (Ministerio de Minería , 1979) generando retrasos en el desarrollo de la industria nacional de litio.

Solo dos empresas tienen autorización para explotar litio en Chile, SQM (ex Sociedad Química y Minera de Chile) y Albemarle, quienes mantienen su participación desde el año 1975 en acuerdos suscritos con CORFO y son acreedoras del 21,90% de la producción mundial según datos del USGS al año 2020. (USGS, 2020)

Las proyecciones de la demanda agregada de carbonato de litio se espera que ascienda a 1.793 kt. para el año 2030, con un 79% asociada a la electromovilidad, muy por sobre las 332 kt. demandada en el año 2019. (Cantallopts & Gonzalez, 2020)

Pese a estas proyecciones que podrían ser consideradas positivas para Chile, la falta de estrategia, el marco regulatorio y la falta de competencia en la elaboración de productos especializados de litio ponen en riesgo el liderazgo nacional en la industria del litio.

En base a lo anterior, surgen diversos cuestionamientos como; ¿Se debe mantener el Decreto Ley 2.886? ¿Debe existir un ente especializado en la industria litífera? ¿Se debe modificar la estrategia basada en costos de nuestro País? ¿Cuál es la posición que tomará el Estado en el proceso de explotación de este recurso?

4. Objetivos

4.1 Objetivo General.

Formular estrategias que permitan retomar el liderazgo de Chile dentro de la industria del litio mediante un benchmarking de los principales competidores.

4.2 Objetivos Específicos.

1. Generar un diagnóstico de la industria del litio.
2. Realizar matriz FODA.
3. Benchmarking de los principales países líderes en la industria del litio.
4. Proponer estrategias con la finalidad de mejorar la industria del litio a nivel nacional.

5. Alcance

La finalidad de la presente investigación es, mediante un análisis estratégico, levantar propuestas fundamentadas en proyecciones previstas y las distintas ventajas que posee Chile en la industria del litio con el objetivo de retomar el liderazgo productivo del litio mediante una explotación eficiente en los distintos salares del País, además de otorgar valor agregado para incrementar los beneficios que se reciben.

Para obtener los resultados esperados se genera un exhaustivo análisis de la industria de litio, haciendo especial énfasis en los principales productores de litio, los diversos usos, demanda histórica y actual, costos de explotación y, mediante un benchmarking determinar las estrategias que mejor se acomoden a Chile.

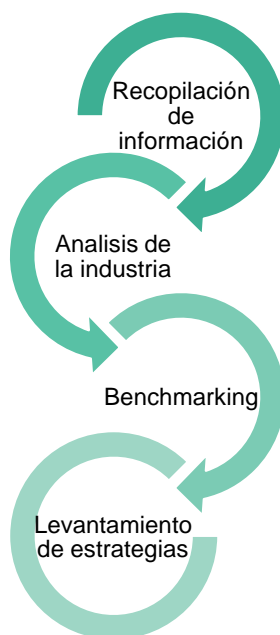
6. Metodología

Se llevará a cabo una recopilación de información de los distintos agentes asociados a la industria del litio a nivel mundial y con especial énfasis en Chile considerando las empresas explotadoras de este mineral, marco normativo existente, montos asociados a regalías, oferta y demanda de la industria y sus proyecciones. Para ello se hará un levantamiento de información utilizando fuentes secundarias como memorias, estudios e informes emitidos por COCHILCO, CEPAL, el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS), entre otros.

Por otro lado, se realizará un análisis estratégico de la industria actual del litio y las ventajas y debilidades que posee Chile mediante herramientas como PEST, 5 Fuerzas de Porter, Value Net y FODA, además de realizar benchmarking con otros países líderes en esta industria y con proyecciones similares a Chile.

Finalmente, se formularán estrategias en base a la información recopilada y considerando la que mejor se adecue a la situación actual del país y la posibilidad de crecimiento de este mercado en el País.

Figura 1 *Diagrama de Metodología*



Nota: En la figura anterior se muestra un esquema del desarrollo propuesto para llevar a cabo la presente memoria. Elaboracion propia

7. Marco Teórico

Para obtener el resultado esperado es necesario realizar un análisis del macro y microentorno estratégico utilizando el análisis PEST para identificar los factores generales que pueden tener un impacto en la empresa y/o industria (Chapman, 2004). Las Cinco Fuerzas de Porter son una herramienta utilizada para evaluar el microentorno considerando las principales fuerzas que influyen dentro de una industria u organización de manera de identificar las posibles oportunidades del mercado y disminuir las amenazas presentes (Cadia & Michaux, 2016). De manera complementaria se implementará el modelo Value Net para

proporcionar una visión alternativa de competencia enfocada en la cooperación entre las empresas participantes y/o países que puedan beneficiar al mercado nacional del litio y, finalmente se realizará un análisis FODA para conocer la situación actual de la industria y organización propiamente tal y así determinar la mejor posición para el caso chileno.

7.1 Análisis PEST

Es una herramienta de medición de negocios, pues se puede comprender el crecimiento o declive de un mercado, y, en consecuencia, la posición, potencial y dirección de un negocio (Chapman, 2004). Se compone por un análisis de factores políticos/legales, económicos, sociales y tecnológicos. Estos factores son externos a la organización por lo que no puede ser controlados por esta, por lo que es útil realizar antes de un análisis FODA para determinar las amenazas y oportunidades existentes.

Los factores por considerar son:

1. **Político/legal:** Involucra todas las decisiones de gobierno, incluyendo sus tasas impositivas, política monetaria y fiscal, legislación antimonopolio, incentivos económicos a PYMES, regulaciones de importaciones/exportaciones, acuerdos internacionales, además de incluir condiciones ambientales.
2. **Económico:** Se consideran los tipos de interés vigente, tasas de desempleo, inflación, índice de confianza de los consumidores, oferta monetaria, impuestos específicos, entre otros factores.
3. **Social:** Tiene relación con la cultura, religión o creencias. Se analizan las tendencias de los consumidores considerando el nivel educativo, estilo de vida, niveles de ingreso tanto nacional como internacional que tengan algún impacto en dicho mercado.

4. **Tecnológico:** Se considera la accesibilidad tecnológica indispensable para la producción, investigación, capacitación, grado de obsolescencia, velocidad de los cambios, usos y costo de la energía, financiamiento en investigación, entre otros.

Tabla 1 Principales indicadores a utilizar en cada factor del análisis PEST.

Análisis PEST			
Políticos	Económicos	Sociales	Tecnológicos
Asuntos ecológicos/ambientales	Situación económica local	Tendencias de estilo de vida	Desarrollos tecnológicos de los competidores
Legislación actual en el mercado local	Impuestos específico de una industria o producto	Opinión y actitud del consumidor	Financiamiento para la investigación
Legislación futura	Estacionalidad y asuntos climáticos	Factores étnicos y religiosos	Tecnologías/soluciones sustitutas
Políticas gubernamentales	Ciclos de mercado	Moda y modelos para seguir	Potencial de innovación
	Intereses y tasas de cambio		

Nota: En la imagen/tabla se muestran los principales aspectos a considerar en los distintos factores a evaluar en el análisis PEST. Elaboración propia en base a *Análisis DOFA* y *Análisis PEST*, por A. Chapman.

Una vez que se establecen los principales indicadores asociados a cada factor se debe determinar los impactos en el corto, mediano y largo plazo para la empresa y si estos impactos son positivos o negativos para la industria.

7.2 Cinco Fuerzas de Porter

Corresponde a un modelo de gestión empresarial desarrollado por Michael Porter en el año 1979 y permite un análisis del microentorno de una organización e identifica cómo influyen 5 fuerzas en específico en la rentabilidad a largo plazo de un mercado o algún segmento de este (Baquero & Herrera, 2018) pudiendo así planificar y desarrollar estrategias que impulsen sus oportunidades y fortalezas para hacer frente a las amenazas.

Estas Cinco Fuerzas denominadas por Porter son; *amenazas de nuevos entrantes, poder de negociación de los clientes, poder de negociación de los proveedores, amenaza de productos/servicios sustitutos y la rivalidad entre las empresas* como se resumen en la figura 2.

1. **Amenaza de nuevos entrantes:** Se considera que en un sector donde el rendimiento de capital invertido es superior a su costo existirá un amplio interés por parte de distintas firmas para hacer ingreso en dicho negocio con la finalidad de aprovechar las oportunidades del sector (Perez & Polis, 2011), pudiendo afectar la cuota de mercado, disminuyendo las rentabilidades o debiendo ser necesario un aumento en la inversión con la finalidad de desincentivar su ingreso. En cuanto a la determinación de si esta amenaza es alta o baja se deben considerar las distintas barreras de entradas, ya que, estas barreras traen consigo los denominados costos hundidos, que son aquellos que la empresa que quiera hacer ingreso debe incurrir como inversión y no podrá recuperar al salir del mercado.

Se entiende por barrera de entrada a “cualquier mecanismo por el cual la rentabilidad esperada de un nuevo competidor entrante en el sector es inferior a la que están obteniendo los competidores ya presentes en él” (Dalmau & Vicente, 1997). Entre las barreras de entradas más frecuentes se consideran; *economías de escala, diferenciación de productos, inversiones de capital, ventaja absoluta en costos independiente de la escala, acceso a canales de distribución, know-how y políticas gubernamentales.*

- **Economías de escala:** El costo unitario de una actividad determinada se reduce al aumentar el volumen de producción durante un periodo establecido. Por lo que una empresa que desee hacer ingreso debe considerar si está dispuesta a producir en

pequeña escala con costos unitarios altos, o producción en gran cantidad disminuyendo sus costos.

- **Diferenciación de productos:** Es como los consumidores distinguen un producto de otro, ya sea, atributos propios del diseño o el servicio al cliente que ofrece una firma. Se considera una barrera alta cuando existe una amplia diferenciación, pues, una empresa que quiera hacer ingreso deberá incurrir en elevados costos de publicidad, por ejemplo, para lograr atraer a los clientes que ya tienen su preferencia por un producto determinado.
- **Inversiones de capital:** Son necesidades mínimas elevadas de invertir capital en infraestructura, producción, comercialización, publicidad, etc. Esta barrera es considerada alta, cuando esta inversión es tan elevada que las firmas no pueden afrontarla.
- **Ventaja absoluta en costos:** El ser los primeros en llegar a una industria, sumado al abastecimiento de materia prima genera que una empresa obtenga beneficios en costos debido a su curva de aprendizaje y otros factores.
- **Acceso a canales de distribución:** Cuando los competidores ya presentes en la industria tienen una buena relación con sus canales de distribución, el nuevo competidor debe convencer a este canal de comercializar sus productos y en caso de no ser posible, este nuevo competidor debe generar por sí mismo sus canales de distribución para poder acceder a una cuota de mercado.
- **Know- How:** La curva de aprendizaje o experiencia adquirida por las organizaciones participantes por un periodo de tiempo elevado, considerando el conjunto de la empresa desde su gestión hasta sus distintos procesos productivos.
- **Políticas gubernamentales:** Los gobiernos pueden fijar normas sobre el medio ambiente, requisitos de calidad, y niveles de seguridad que pueden suponer una

inversión considerable por parte de las empresas lo cual puede limitar o incluso impedir el ingreso de nuevos competidores debido a los altos costos y requisitos que esto implica.

Cuando existe amenaza de nuevos entrantes se puede aplicar una mejora en los canales de ventas, incrementar la calidad del producto, aumentar la inversión en marketing y distribución o entregar valor añadido para el cliente en nuestros productos.

2. **Poder de negociación de los clientes:** Esta fuerza tiene relación con la capacidad que tienen los clientes de influir en las organizaciones. Se consideran dos factores claves; sensibilidad al precio y poder de negociación. Entre las principales variables se encuentra; concentración de clientes, volumen de compra, diferenciación, existencia de productos sustitutos, entre otras.

Cuando esta fuerza es alta se puede proponer aumentar los canales de venta, incrementar la calidad del producto o aumentar la inversión en marketing y publicidad.

3. **Poder de negociación de los proveedores:** Se considera que esta es una fuerza alta cuando los proveedores pueden modificar los precios sin tener un impacto considerable en su demanda, los clientes son quienes deben asumir costos al cambiar de proveedor, existe una diferenciación considerable entre los productos ofrecidos por dicho proveedor, si un proveedor suministra insumos claves, entre otros.

Para hacer frente a esta fuerza se pueden aplicar tácticas como aumentar la cartera de proveedores, generar alianzas con los ya existentes o realizar la fabricación de nuestro propio insumo clave en caso de poder hacerlo.

4. **Amenaza de productos sustitutos:** Los productos sustitutos son aquellos que cumplen la misma función que el producto en estudio. Son una barrera alta cuando existen productos que cubren la misma necesidad, a un menor costo, mejor rendimiento o cuenta con una calidad superior. Esta fuerza genera que incluso dos

industrias distintas puedan enfrentarse con productos reemplazables. Se puede considerar una amenaza alta cuando la diferenciación de los productos es escasa y cuando el costo para el cliente es mínimo o se tiene costos fijos elevados.

Si esta fuerza es elevada una estrategia viable es diversificar la producción hacia posibles productos sustitutos.

5. **Rivalidad entre empresas:** Es el resultado de la suma de todas las fuerzas anteriores y en base al análisis de estas la empresa debe formular su estrategia para posicionarse en el mercado y destacar sobre el resto de los competidores. Es la fuerza con la que las firmas participantes realizan sus acciones para su posicionamiento estratégico. Para determinar la fuerza se puede considerar las siguientes variables; concentración de empresas dominantes del mercado, condiciones de la oferta y demanda en los costos, diferenciación de los productos, barreras de salidas, entre otras.

Al existir una alta rivalidad es conveniente bajar nuestros costos fijos, generar alianzas entre empresas, aumentar la calidad del producto para generar una mayor retención y preferencia de los clientes, entre otras estrategias.

Figura 2 *Cinco Fuerzas de Porter*



Nota: En la figura anterior se resumen las Cinco Fuerzas de Porter. Elaboración propia

Finalmente, se debe tener en cuenta que el funcionamiento de una empresa está delimitado por su entorno. Las 5 Fuerzas de Porter permite desarrollar una estrategia con conocimiento de la industria para poder analizar la competencia y las oportunidades de crecimiento y posicionamiento que tiene mi industria y/o empresa considerando que el mercado es cambiante y se debe estar en constante evaluación para que resulte eficiente.

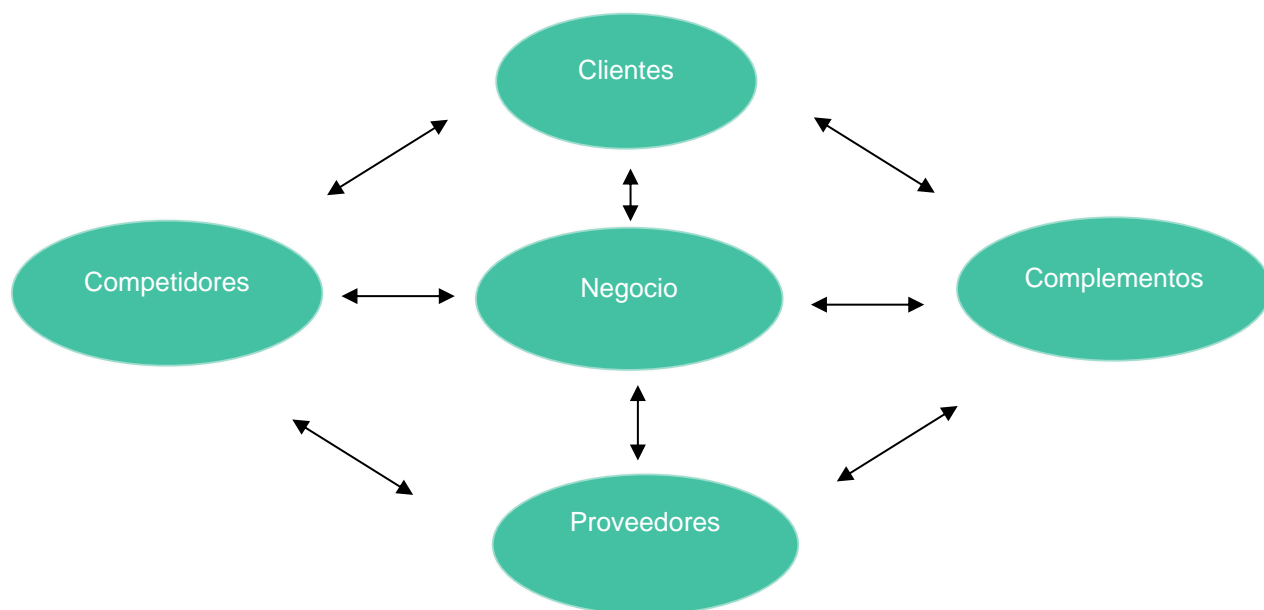
7.3 Value Net

Corresponde a una herramienta utilizada para obtener ventaja competitiva conociendo a cada participante o jugador de una industria y su importancia dentro de la misma. Además, considera que la industria es dinámica y que acorde a ella se van modificando las reglas del juego según el jugador que posea la ventaja y que los beneficios de esta modificación pueden ser mayores que manteniendo el estatus quo (Lendel, 2007).

Value Net se basa en la teoría de juegos donde se señala que en ocasiones se deberá competir con el resto de los participantes, mientras que en otras circunstancias será necesario cooperar para obtener para así ampliar el propio negocio y así mismo el tamaño de participación que se tiene en él.

Esta herramienta identifica 4 grupos como factores importantes dentro de la industria; *clientes, proveedores, competidores/sustitutos* y a diferencia de las 5 Fuerzas de Porter, se agregan los *complementos*. Todos estos participantes sostienen una interdependencia y, se debe considerar a cada uno de ellos como un todo para un correcto análisis, tal como se ilustra en la figura 3.

Figura 3 Estructura Value Net



Nota: En la figura anterior se demuestra los participantes o jugadores que considera la herramienta Value Net y su interdependencia. Elaboración propia.

Como se observa en la figura 3, existen dos dimensiones; la dimensión vertical en donde se encuentran los participantes que tienen directa interacción con mi negocio, como lo son los clientes y proveedores, mientras que en la dimensión horizontal se encuentra

quienes de manera indirecta interactúan con mi negocio, como lo son los complementos y los competidores.

Los complementos son jugadores con quien nuestros clientes pueden interactuar y acceder a productos y/o servicios que pueden mejorar el nuestro. Situación similar ocurre con los proveedores, pues pueden generar la venta de sus productos y/o servicios sin que los nuestros se vean afectados. No obstante, los competidores son una alternativa para nuestros clientes y proveedores, pues se deja de percibir el beneficio por parte de nuestros clientes y se pierden insumos en el caso de que nuestros proveedores “jueguen” con ellos (Lendel, 2007).

Para formular la estrategia de Value Net según Brandenburger y Nalebuff se requieren dos pasos. El primero es identificar los roles de cada participante – se asume que un jugador puede ocupar más de un rol de manera simultánea- y el segundo paso es utilizar el enfoque PARTS (debido a la sigla en inglés); jugadores, valor añadido, reglas, tácticas y alcance. (Brandenburger & Nalebuff, 2011)

- **Jugadores:** Son quienes deben pagar por entrar a jugar. Pueden ser clientes, proveedores, sustitutos y complementos. Este costo por participación puede ser elevado o bajo y pueden generar un valor agregado en el juego, pues el resto de los participantes pueden obtener beneficios por este ingreso. Una vez realizado el ingreso del nuevo jugador se deben evaluar las posibilidades de competencia, cooperación y alianzas que puedo obtener de este nuevo participante.
- **Valor añadido:** Tiene relación con lo que un jugador puede ofrecer a mi negocio/industria en caso de establecer una alianza y cómo puedo generar un valor añadido para mis propios clientes y proveedores.

- **Reglas:** Se debe evaluar como un jugador puede generar la modificación de las reglas a su favor y como estas pueden beneficiarme o dañarme.
- **Tácticas:** El juego se desarrolla en un ambiente de incertidumbre, pues no tengo conocimiento certero de las estrategias que utilizaran los otros jugadores, por lo que las tácticas se consideran como la acción que realizara un participante en base a la percepción de lo que puede realizar la contraparte.
- **Alcance:** Es el enlace que existe entre el juego donde está inmerso mi negocio con sus respectivos participantes y los otros juegos que se realizan de manera paralela. Es necesario considerar los distintos beneficios que otorga la vinculación del negocio propio con otras empresas y la percepción que esta conexión puede generar en la percepción del resto de los jugadores.

Finalmente, esta herramienta permite una estrategia bien formulada pues entrega la información necesaria de la posición de mercado que se encuentra mi negocio y los actores que tienen mayor relevancia y su impacto directo e indirecto en mi negocio. Además, se modifica la percepción de que para ser exitoso es necesario una competencia agresiva con el resto de los participantes ya que, debido a la interdependencia de las industrias en ocasiones es necesario permitir que el resto también obtenga beneficios.

7.4 FODA

Es una herramienta utilizada para generar un análisis situacional, evaluando una organización de manera interna considerando las fortalezas y debilidades de la propia industria y/u organización y, de manera externa considerando sus oportunidades y amenazas (Ramirez, 2017) tal como se muestra en la figura 4. Esta herramienta es fundamental en la administración y planificación de la empresa por lo que genera beneficios en el corto y largo plazo, ya que puede generar cambios en el plan de negocios actual, además al ser un análisis

que puede realizar de manera interna la empresa no supone ningún costo para ella. De esta manera se puede formular estrategias FO, FA, DO o DA interconectando los factores externos con los internos.

Figura 4 *Matriz FODA.*

	<i>Oportunidades</i>	<i>Amenazas</i>
<i>Fortalezas</i>	<i>Estrategias FO.</i>	<i>Estrategias FA.</i>
<i>Debilidades</i>	<i>Estrategias DO.</i>	<i>Estrategias DA.</i>

Nota: La figura refleja la interconexión de los factores internos y externos y las estrategias que se formulan en base a ellos.

7.4.1. Características internas.

El análisis interno considera elementos que se relacionan directamente con la estructura y operación de la empresa, incluyendo los recursos disponibles y las áreas funcionales (Ramirez, 2017).

1. **Fortalezas:** Una organización debe tener claro cuáles son sus puntos fuertes y las capacidades que generan su ventaja competitiva, además de considerar beneficios presentes y posibilidades atractivas para el futuro de la organización. Algunos factores que pueden ser considerados como fortalezas son; la ubicación de la empresa, el precio del producto, calidad del producto final, entre otros. Se pueden identificar estos factores respondiendo a ¿Cuáles son nuestros puntos fuertes?, ¿Qué ventaja tenemos frente a la competencia?, ¿Cuáles son nuestros recursos claves?
2. **Debilidades:** Corresponden a las falencias que posee la empresa en comparación con el resto de las empresas de la industria por lo que son obstáculos en la consecución de objetivos y es útil conocerlas para así eliminarlas (Ponce, 2007).

Estas pueden ser; poca capacitación del personal, gerencia deficiente, problemas financieros, pérdida de clientes, entre otras. Se pueden descubrir estas falencias respondiendo a las preguntas ¿En qué podemos mejorar?, ¿Por qué se están reduciendo nuestras ventas?, ¿Tenemos confianza de nuestros clientes?

7.4.2 Características Externas.

En el análisis externo considera componentes amplios asociados a variables globales, como lo es economía, política, cultura, tecnología, entre otros factores. Estos se alejan del control de la empresa, sin embargo, si se pueden ejercer acciones para intentar disminuir los impactos que estas tienen en la organización.

1. **Oportunidades:** Son los factores externos que pueden ser positivos para el crecimiento de mi negocio, representan una oportunidad de mejora que la empresa debe aprovechar. Se pueden identificar estos factores contestando: ¿Falta algún producto en el mercado que puedo producir?, ¿Existen nuevas tendencias en la industria?
2. **Amenazas:** Son factores que pueden poner en peligro la empresa o el crecimiento de ésta. Se pueden considerar los mercados inestables, el ingreso de nuevos competidores, competencia consolidada, entre otros. Se pueden identificar contestando ¿Qué obstáculos podemos encontrar?, ¿Existen problemas de financiación?, ¿Cuáles son las tendencias de nuestros competidores?

8. Antecedentes

El litio fue descubierto en el año 1817 por el químico sueco August Arfvedson (Valenzuela, 2006), sin embargo, el proceso de explotación de este mineral comienza recién en el año 1920.

Desde el año 1927 hasta el 1950 el litio era considerado a nivel mundial como un recurso estratégico dado que se creía que tenía importancia en la producción de armas nucleares y, considerando el periodo de Guerra Fría entre Estados Unidos y la Unión Soviética, fue que muchos países establecieron limitaciones a su uso y explotación por medio de la nacionalización como medida que buscaba mantener el equilibrio entre la oferta y demanda existente, sin embargo, con el paso del tiempo, esta limitación fue modificada ya que se demostró que el litio no tiene mayor implicancia en dicha industria al menos hasta al año 2100, no obstante, Chile continuó con la condición de estratégico sin una mayor justificación en aquel entonces (Boric y Rodríguez, 2015).

En el año 1990 aproximadamente, el litio comienza a tomar importancia en el uso de las baterías secundarias de ion-litio, pues este componente otorgaba una mayor duración incrementando la comodidad para los consumidores y un menor impacto ambiental.

Hoy en día el litio se considera un recurso con una amplia proyección debido a la utilización de este en las baterías de los vehículos eléctricos e híbridos y los compromisos que han adquirido diversos países de reducir la contaminación generada por los vehículos a combustión los cuales serán reemplazados por vehículos de uso de energías limpias en los próximos años (Rueter, 2018).

8.1 Fuentes del Litio.

El litio ocupa el lugar 35 en abundancia entre los elementos de la corteza terrestre estando en posición inferior al níquel y cobre, pero por encima del cerio y estaño (Senado, s.f), es una sustancia blanquecina, inodora, en forma de polvo. Se encuentra principalmente en salmueras naturales, rocas pegmatitas (minerales de roca), pozos petrolíferos, campos geotermales y agua de mar (SERNAGEOMIN, 2020).

Según el Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS) las principales fuentes del litio son los salares en cuencas cerradas (58%), rocas pegmatitas y granitos (26%), arcillas enriquecidas en litio (7%), salmueras de yacimientos petroleros (3%), salmueras geotermales (3%) y zeolitas enriquecidas con litio (3%) (Cantalloppts et al., 2018).

Existen tres tipos de salmueras enriquecidas con litio; continentales, geotérmicas y de pozos petrolíferos. Estos tipos de salmueras se encuentran principalmente en América del sur; específicamente en Argentina, Bolivia y Chile. En América del norte en regiones de Estados Unidos y Canadá y en China respectivamente.

- **Salmueras continentales:** Posee una ventaja económica en relación con el proceso de extracción del litio, puesto que el mineral se encuentra disuelto en aguas subterráneas las cuales son bombeadas a la superficie para ser depositadas en piscinas y, mediante un proceso de evaporación solar, se obtiene una concentración que bordea un 3%-6% de litio luego de alrededor de un promedio de 18 meses de concentración, el cual debe ser refinado para una posterior producción y comercialización, ya que, mantiene impurezas como magnesio, boro y sulfato. Este es un proceso netamente químico por lo que es más económico que otras formas de producción (Cantalloppts, et al., 2018), sin

embargo, sostiene desventajas como la dependencia del clima y el alto tiempo de elaboración del compuesto.

Al finalizar el proceso de purificación se obtiene carbonato de litio, el cual es comercializado como materia prima o es refinado para producir hidróxido de litio como se observa en la figura 5.

La cuenca con mayor presencia de litio se encuentra en el salar de Atacama en la zona norte de Chile, la cual contiene una concentración de litio de alrededor de un 0,14% siendo el valor más alto conocido.

Figura 5 *Proceso productivo en el Salar de Atacama por SQM*



Nota: Proceso productivo de Salmueras ubicadas en el Salar de Atacama. Tomada de SQM.

- **Salmuera geotérmica:** Se compone de una solución salina caliente que ha circulado a través de rocas de la corteza terrestre en áreas de flujo de calor extremadamente alto y se enriquecen con metales como el litio, boro y potasio (Dirección General de Desarrollo Minero, 2021). Se obtiene litio mediante el proceso de enfriamiento y cristalización del magma y son utilizados en la industria de la cerámica y vidrio (Cantallopets, et al., 2018). Este tipo de salmuera se encuentra en el sur de California, EE.UU. y en Reino Unido. Este proceso de extracción ha resultado ser más respetuoso con el medio ambiente por lo que puede revolucionar las energías limpias.

- **Pozos petroleros:** Las más importantes de este tipo tienen concentraciones asociadas a 0,0006% - 0,022% de litio y se encuentran principalmente en EE. UU. (Boric & Rodríguez, 2008).

Por otro lado, existen yacimientos de litio en pegmatitas los cuales se encuentran cerca de la superficie y su proceso de explotación es por métodos mineros de tajo abierto como la perforación y/o tronadura (Schwarz & Perez, 2013) la cual se forma mediante el proceso de enfriamiento y cristalización del magma. Las rocas más conocidas son:

- **Espodumeno:** Fue la principal fuente de litio hasta que comenzó la explotación desde salmueras naturales. Contiene 8.03% de óxido de litio (Li₂O) por lo que es considerado como el mineral de roca con mayor concentración de litio. En la actualidad, es utilizado para concentrados, como lo es el hidróxido y cloruro de litio debido al bajo procesamiento necesario para ser convertido en alguno de estos compuestos. La mayor cantidad de depósitos se encuentran en Australia, Canadá y China (Ganfeng, 2018)
- **Lepidolita:** Suele bordear 3% - 4% de óxido de litio y es considerada una mica con importantes cantidades de litio, sin embargo, esta contiene gran cantidad de impurezas y en la actualidad solo es viable de extraer en China.

Principalmente el litio extraído desde salmueras es procesado para producir carbonato de litio e hidróxido de litio, mientras que desde la explotación de minerales de rocas se obtiene concentrado de espodumeno el cual es procesado para producir cloruro o hidróxido de litio.

Las salmueras tienen una ventaja asociada a la cantidad de recursos existentes en la actualidad y costos de explotación inferiores, pues la extracción del mineral ocurre mediante un proceso netamente químico, sin embargo, este proceso tiene un alto impacto ambiental

debido a sus emisiones de carbono, uso de agua y/o de la tierra lo que afecta a las comunidades aleñadas (Porta & Miguel, 2020). Finalmente, si se consideran los tiempos en que demoran los procesos productivos, la obtención de litio desde el bombeo de salmueras demora alrededor de 18 meses, mientras que desde minerales de roca bordea los 2 meses aproximadamente.

8.2 Principales Reservas y Recursos.

Los recursos son materias primas que se obtienen de la naturaleza para satisfacer un fin o una necesidad, mientras que las reservas representan el conjunto de recursos realmente disponibles y económicamente viables con ayuda de la tecnología para satisfacer distintas necesidades. (CODELCO, 2012)

Las expectativas de un aumento en la demanda de litio han derivado en una mayor actividad de exploración y descubrimiento de nuevos recursos lo cual se ha reflejado en un aumento de 217,72 % en la cantidad de recursos de litio desde el año 2014 al 2021, esto significa una variación de 46,5 millones de toneladas (USGS, 2021). El mayor aumento en cantidad de recursos lo experimentaron Argentina, Australia y China a partir del año 2017 como se observa en la Tabla 2, explicado por su cambio de estrategia hacia una industrialización del litio que derivó en amplias operaciones de exploración. Por su parte, en el año 2020 existió una modificación en la forma de contabilizar los recursos presentes en Bolivia generando un aumento explosivo de 12 millones de toneladas. Chile solo a partir del año 2018 comenzó a incrementar sus recursos luego de mantener sus cifras por 6 años sin modificaciones, demostrando el escaso incentivo en la exploración, innovación, inversión y la participación del Estado como solo un espectador (León, et al., 2020).

Tabla 2 Cantidad de recursos de litio en millones de toneladas.

País	Año								
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
EE.UU.	5,5	5,6	6,7	6,9	6,8	6,8	6,8	7,9	
Bolivia	9,0	10,0	9,0	9,0	9,0	9,0	21,0	21,0	
Chile	7,5	7,6	7,5	7,5	8,4	8,5	9,0	9,6	
Argentina	6,5	6,6	6,5	9,0	9,8	14,8	17,0	19,3	
China	5,4	5,5	5,1	7,0	7,0	4,5	4,5	5,1	
Australia	1,7	1,8	1,7	2,0	5,0	7,7	6,3	6,4	
Otros	3,9	2,4	4,2	5,5	7,8	10,7	15,4	16,7	
Total	39,5	39,5	40,7	46,9	53,8	62,0	80,0	86,0	

Nota: La tabla anterior muestra la cantidad de recursos en millones de toneladas desde el año 2014 hasta el año 2021 según datos obtenidos de los reportes *Mineral Commodity Summaries* de USGS.

Debido a la geolocalización de este recurso es que a los países de Argentina, Bolivia y Chile se les conoce como el “triángulo del litio” como se observa en la figura 6 adjudicándose cerca del 58% del total de recursos mundiales.

Figura 6 Ubicación del denominado triángulo del litio

Nota: Geolocalización del triángulo del litio entre Chile-Bolivia-Argentina. Obtenido de Inspimundo.

En cuanto a reservas de litio, Chile lidera esta lista con un 43,81% del total mundial ubicadas en salmueras principalmente en la región de Atacama. En segundo lugar, Australia se adjudica el 22,38% de la cantidad de reservas, esencialmente en minerales de rocas, Argentina posee el 9% del total de las reservas mundiales presentes en salmueras, aunque debido a la exploración existente en la zona, se han agregado reservas de litio en rocas pegmatitas (USGS, 2021).

En la tabla 3 se observa la variación de las reservas de litio desde el año 2014 hasta el año 2021.

Tabla 3 Cantidad de reservas de litio en millones de toneladas.

Cantidad de reservas (en millones de toneladas)								
	Año							
País	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Chile	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	8	8,6	9,2
Australia	1	1	1,5	1,6	2,7	2,7	2,8	4,7
Argentina	0,85	0,85	2	2	2	2	1,7	1,9
China	3,5	3,5	3,2	3,2	3,2	1	1	1,5
EE. UU.	0,04	0,04	0,038	0,038	0,035	0,04	0,63	0,75
Canadá	-	-	-	-	-	-	0,37	0,53
Zimbabue	0,02	0,02	0,023	0,023	0,023	0,07	0,23	0,22
Brasil	0,05	0,05	0,048	0,048	0,048	0,05	0,095	0,095
Portugal	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Total	13	13	14,37	14,47	15,57	13,9	15,49	18,96

Nota: La tabla anterior muestra la cantidad de reservas mundiales de litio tanto en salmueras como en rocas en los principales países de la industria del litio desde del año 2014 hasta el año 2021 elaborado con datos del Servicio Geológico de Estados Unidos.

Entre los años 2013-2016 Chile lideraba con un 49% de participación como principal proveedor, mientras que en segundo lugar se encontraba Argentina con un 48% y en tercer lugar muy por detrás se encontraba China con un 2%, situación que se modificó desde el año 2017 donde Argentina lideró con un 55% de participación, Chile observó una disminución en

su participación adjudicándose solo un 36% y China un 5% (USGS, 2021) lo que demuestra una pérdida de liderazgo nacional considerable en cuanto a la producción de litio se refiere y los esfuerzos que están haciendo los países productores de litio para incrementar sus participaciones.

8.3 Usos y Compuestos del Litio

El litio tiene múltiples características, de las cuales se destaca el bajo coeficiente de expansión térmica, alto potencial electroquímico, baja densidad, amplia capacidad de calor específico y es considerado como el elemento sólido más liviano por lo que tiene variados usos. Como lo es en formulaciones de grasas lubricantes, preparación de aleaciones livianas y resistentes, aditivos de cementos y cerámicos, sistemas de refrigeración y de purificación de aire en espacios cerrados, fármacos ampliamente difundidos y de utilización a nivel mundial, entre otras (Fornillo, et al., 2019).

El destino final del litio depende del compuesto y de su grado de pureza. Los compuestos más utilizados son el carbonato e hidróxido de litio los cuales representan cerca del 95% de la demanda total, mientras que el otro 5% restante se divide entre cloruro de litio, litio metálico y otros compuestos de uso inorgánico. (Cantalloppts & Gonzalez, 2020)

- **Carbonato de litio:** Es un compuesto minero-industrial que adopta la forma de polvo blanco, fino, menos soluble en agua caliente y generalmente estable cuando es expuesto a la atmosfera (SERNAGEOMIN , 2021). Se obtiene principalmente desde salmueras con una pureza inicial entre un 3-6% de litio. Posteriormente es refinado para obtener la pureza mínima que exige el mercado de 99,2%. Dado que reacciona fácilmente con ácidos fuertes, es utilizado para la obtención de litio metálico, vidrio y cerámica, industria farmacéutica y como materia prima de hidróxido de litio y compuestos especiales de litio. Se clasifica según su grado de

pureza en grado batería o grado técnico. El primero contiene un mínimo de 99,9% de carbonato de litio, mientras que el grado técnico contiene entre 99,2%-99,5% de carbonato de litio, además este contiene menores impurezas por lo que requiere de un procesamiento adicional asociado a un mayor costo de producción (Facada, 2018).

- **Hidróxido de litio grado batería:** Es un sólido blanco cristalino, usado principalmente para producir cátodos con alto contenido de níquel (SERNAGEOMIN, 2017), permitiendo producir baterías con mayor densidad de energía para que los vehículos eléctricos logren un mayor rango de conducción. Es por esto por lo que se espera que este tipo de cátodos sean adoptados en mayor medida en el mercado de baterías en los próximos años, lo que aumentaría su demanda de manera considerable llegando a representar el 45,4% de la demanda total de litio (Cantallopts, et al., 2018)
- **Hidróxido de litio grado técnico:** Se utiliza en grasas para automóviles, aviones y vagones de trenes, equipos agrícolas o maquinarias (Cantallopts, et al., 2018).
- **Cloruro de litio:** En estado natural se obtiene de salmueras cloruradas altamente ricas en litio y están presentes en salares y lagos salinos. En estado sintético es preparado mediante la reacción de ácido hidroclicórico con carbonato de litio o hidróxido de litio. Dado que es altamente soluble en agua y en alcohol se utiliza en soldadura de arco y en la manufactura de intercambiadores de calor de aluminio. (SERNAGEOMIN, 2017)
- **Sulfato de litio:** Es un compuesto sólido inorgánico cristalino de color blanco, soluble en agua y no aumenta su solubilidad ante aumentos de temperaturas. Se utiliza principalmente en la medicina para trastorno bipolar y en las baterías como precursor para la producción de hidróxido de litio.

A modo de resumen se presenta la tabla 4 especificando los principales compuestos de litio y su respectivo uso.

Tabla 4 Principales compuestos y sus aplicaciones.

Usos según compuesto de litio	
Carbonato de litio	
Grado técnico	Vidrios y cerámicas, fundición continua de acero, fundición de aluminio
Grado batería	Baterías primarias y secundarias de ion-litio
Hidróxido de litio	
Grado técnico	Grasas para automóviles, aviones, vagones de trenes, equipos agrícolas
Grado batería	Cátodos de baterías con alto contenido de níquel.

Nota: La tabla anterior representa los principales compuestos de litio junto sus respectivos grados de pureza y la utilización del compuesto.

Solo una pequeña fracción es utilizada de forma directa y, en su mayoría, se utilizan para la elaboración de productos secundarios de mayor tecnología que es donde reside la mayor cantidad de utilización de este mineral.

Para el año 2014, las baterías representaron un 31% del uso del litio y según diversas estimaciones, se espera que para el año 2026 la industria de las baterías represente un 80% de la utilización del litio explicado por el auge de los vehículos eléctricos con un crecimiento de un 650% entre los años 2014-2019 y los compromisos adquiridos por gran parte de los países en la prohibición de comercialización de vehículos de combustibles fósiles debido al impacto ambiental que estos generan (Riley, 2020). Como queda de manifiesto en la tabla 5, se observa un cambio de tendencia a partir del año 2017 donde se incrementó la utilización de litio en la producción de baterías, situación acorde a la modificación de estrategias utilizada en los diversos países con la finalidad de aumentar sus recursos de litio y en el año 2021,

según datos del USGS, ya la producción de baterías se adjudica el 71% de la demanda total de litio (USGS., 2021).

Tabla 5 Principales usos del litio según su respectiva industria desde el año 2014-2021

Industrias	Año							
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Cerámica y vidrios	35%	35%	32%	30%	27%	23%	18%	14%
Baterías	31%	31%	35%	39%	46%	56%	65%	71%
Lubricantes	8%	8%	9%	8%	7%	6%	5%	4%
Gravilla de pilas	6%	6%	5%	5%	4%	3%	3%	2%
Tratamientos de aire	5%	5%	5%	3%	2%	2%	1%	1%
Producción de polímeros	5%	5%	4%	5%	5%	4%	3%	2%
Producción primaria de aluminio	1%	1%	1%	-	-	-	-	-
Otros usos	9%	9%	9%	10%	9%	6%	5%	6%

Nota: En la tabla se observa el uso del litio en las distintas industrias y sus porcentajes de participación según datos del USGS desde el año 2014 hasta el año 2021.

El crecimiento esperado para los compuestos de litio es de un 26% para el año 2030, explicada en gran medida por la creciente demanda de litio asociada a la industria automotriz (Céspedes & Obaya, 2021) y a la utilización de litio que esta conlleva.

8.4 Demanda de Litio

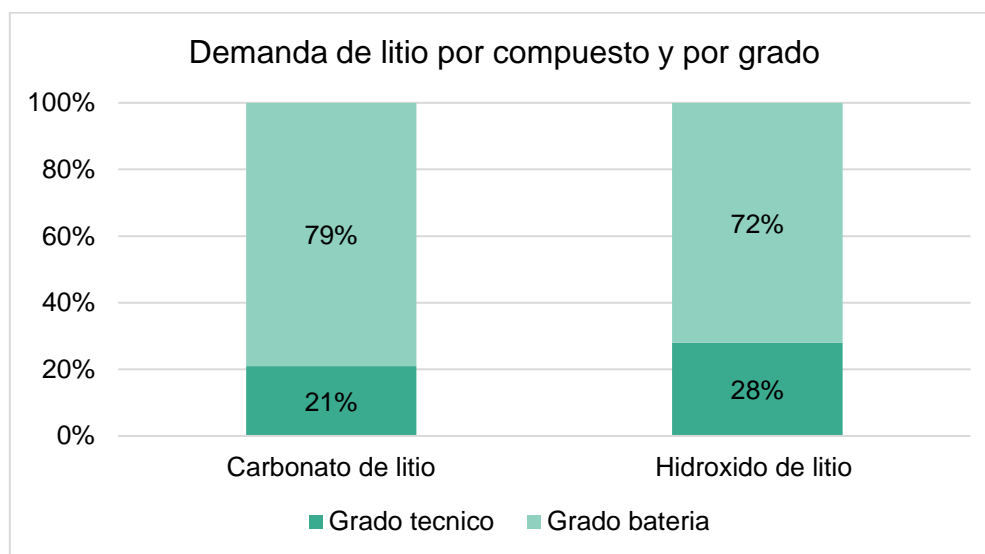
La demanda actual de litio está fuertemente enfocada en las baterías ion – litio utilizadas en los automóviles eléctricos, artículos electrónicos y sistema de almacenamiento de energía. No obstante, existen mercados ya maduros como es la industria de vidrios y cerámicas, grasas lubricantes, plásticos y polímeros, entre otros (Cantallopts & Gonzalez, 2020).

En la actualidad el compuesto más utilizado es el carbonato de litio con un 71% de la demanda total, seguido del hidróxido de litio con un 24% y el restante 5% se divide entre

compuestos como butil – litio, bromuro, entre otros compuestos de menor relevancia (Gonzalez, et al., 2020)

Tanto para el carbonato como para el hidróxido de litio se privilegia el grado batería para consumo con un 79% y 72% respectivamente, tal como se ilustra en la figura 7, esto explicado en la utilización de este compuesto en las baterías ion – litio debido a su alto porcentaje de pureza. Esto en relación con un total de 327 kt de litio al año 2020. (Gonzalez, et al., 2020)

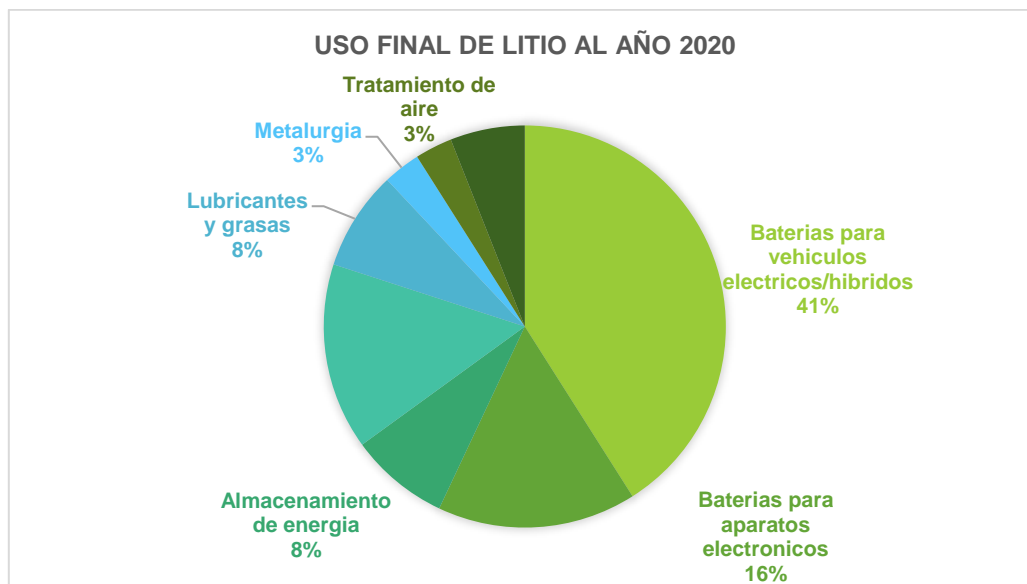
Figura 7 Demanda de litio según grado y compuesto al año 2020.



Nota: En la figura anterior se observa los porcentajes de participación asociados a los principales compuestos de litio y sus grados al año 2020. Tomado de COCHILCO.

En el año 2020 dos tercios del litio producido fue destinado para la fabricación de baterías de ion – litio, con un 41% en vehículos eléctricos e híbridos, 16% se destinó a los distintos artículos electrónicos, 8% para sistemas de almacenamiento energético y el restante se dividió en el mercado ya maduro de litio como vidrios y cerámicas (15%) y los lubricantes y grasas con un el 8% como se ilustra en la figura 8 (USGS, 2021).

Figura 8 *Uso final de litio según industria al año 2020.*



Nota: En la figura se ilustra el destino final del litio según su industria en porcentajes según datos de COCHILCO.

El destino de estos compuestos principalmente es Asia, donde China consume un 55% de la demanda total de litio. Además, este país concentra gran parte de la cadena industrial de producción de baterías ion – litio, pues posee un 80% de la producción mundial de estas. Le siguen Corea del sur (20%), Japón (12%), Europa (8%) y EE. UU. (4%). (Cantallopts & Gonzalez, 2020)

De manera simplificada, las baterías de ion – litio cuentan con un ánodo (extremo negativo), con un electrolito que permite la conducción eléctrica y un cátodo (extremo positivo) donde principalmente se almacena el litio (Zhang, et al., 2014). Además estas baterías cuentan con distintos compuestos que ayudan a optimizar la química del cátodo en la eficiencia energética como lo es el níquel, cobalto y manganeso, aunque se busca minimizar la utilización de cobalto debido a la variabilidad en los precios, cuestionamientos ambientales y laborales.

El mercado esperaba que el crecimiento asociado a la utilización de litio se viese influenciado por las baterías de dispositivos y artículos eléctricos, como lo son las herramientas, notebook, tablets, celulares y otros, puesto que en el año 2014 el este conjunto representaba el 17,3% del total del consumo del litio, con 26.000 toneladas de LCE (Cantallopts, et al. 2018), sin embargo, la tasa de crecimiento asociada a estas industrias fue menor a lo esperado.

La cantidad de litio no varía considerablemente según el cátodo a utilizar, tal como se refleja en la tabla 6 y la diferencia importante corresponde en la utilización de los distintos cátodos, como son los LCO destinados a los artículos electrónicos, NCA destinados a vehículos de alta gama debido a un mejor rendimiento (alrededor de 322 Wh/kg), mientras que la batería NCM utilizada en los vehículos eléctricos de gama media bordea una potencia de 230 Wh/kg. (Huang, 2020)

Tabla 6 Tipos de cátodos según su uso y cantidad de litio requerida.

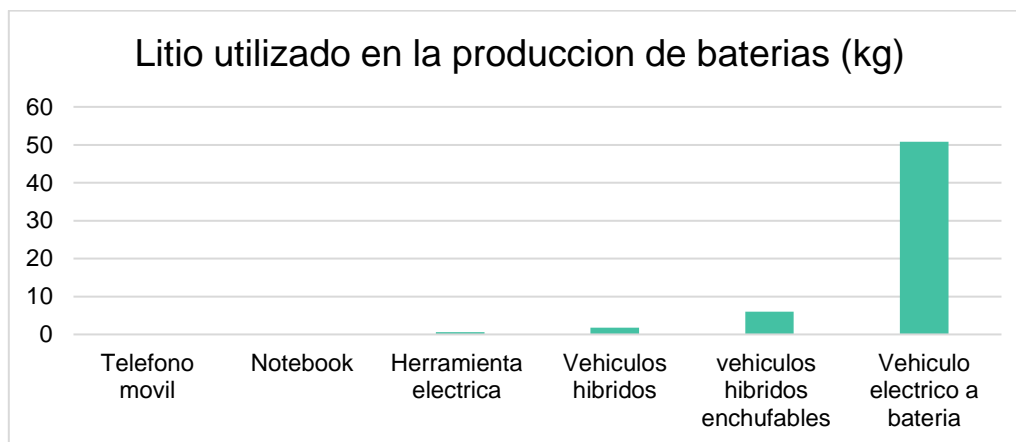
Tipo de cátodo	Uso principal	Uso de Li (kg/kWh)
Litio y óxido de cobalto (LCO)	Artículos electrónicos portátiles	0,15
Níquel- litio, cobalto y óxido de aluminio (NCA)	Vehículos eléctricos de alta gama y artículos electrónicos portátiles	0,16
Níquel- litio, cobalto y manganeso (NCM)	Vehículos electrónicos de gama media y artículos electrónicos portátiles	0,16
Litio, óxido de manganeso (LMO)	Herramientas eléctricas, e-bikes, scooters	0,16
Litio, manganeso, óxido de níquel (LMNO)	Vehículos eléctricos de alta gama y artículos electrónicos portátiles	0,15
Litio ferro-fosfato (LFP)	Almacenamiento energético, e-bikes	0,16

Nota: En la tabla anterior se reflejan los principales tipos de cátodos que contienen litio, además de su principal uso y la cantidad de litio requerida en kg/kWh. Obtenido de

COCHILCO en base a BMI (2021), Sumitomo Metal Mining (2021), Sinovolatics (2021), Accardo et al, (2021).

Así mismo, para el desarrollo de una batería de un teléfono móvil se utilizan solo 3 gramos de carbonato de litio, los notebook utilizan desde 10-30 gramos de litio equivalente (LCE) , las herramientas eléctricas utilizan 40-60 gramos de LCE, mientras que los vehículos eléctricos utilizan al menos 1,8 kilos de LCE para los vehículos híbridos, ascendiendo a 6 kilogramos de LCE para los vehículos híbridos enchufables y para los vehículos con mayor autonomía se puede llegar a utilizar 50,8 kilogramos de litio (Cantallopts, et al., 2018) tal como se observa en la figura 9.

Figura 9 Cantidad de litio utilizada en baterías según producto.

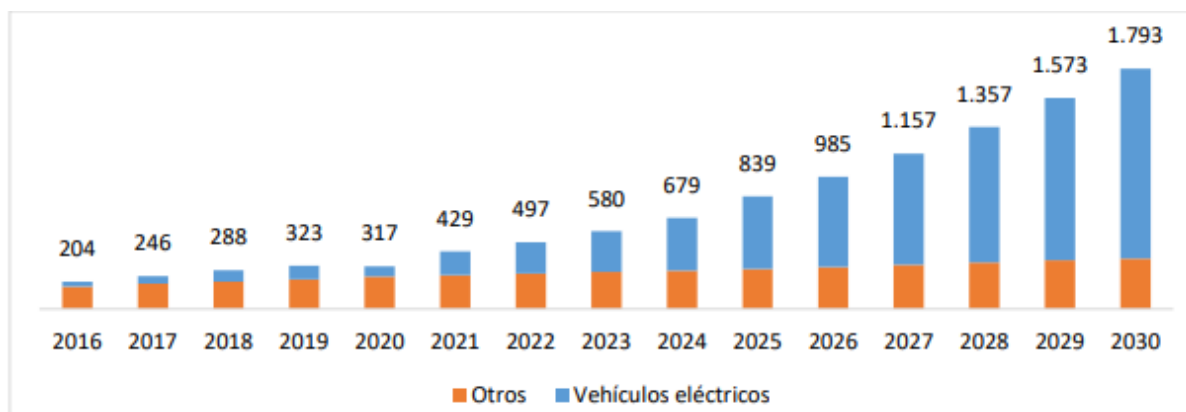


Nota: En la figura anterior se refleja la cantidad en kg. De litio a utilizar según la batería de los principales productos. Elaboración propia con datos de COCHILCO.

Según la proyección realizada por la Dirección de Estudios y Políticas Públicas (2020) se espera que para el año 2030 la demanda de litio asociada a la electromovilidad alcance los 1.416 kilo tonelada (kt) de LCE pasando de representar un 62% de la demanda a un 80% de esta como se refleja en la figura 10. Además, se ha previsto que el consumo de energías renovables incremente un 69% entre los años 2016-2040 y el consumo de combustibles

fósiles como el petróleo y carbón observen una disminución de 21% y 7% respectivamente (Kazimierski, 2018).

Figura 10 Proyección de utilización de litio año 2016-2030 (en kt. de litio)



Nota: Proyección de demanda de litio desde el año 2016 hasta el año 2030 por industria en kilo tonelada de litio. Tomado de COCHILCO.

Para lograr satisfacer estos incrementos de demanda, los principales productores de litio han debido incrementar sus capacidades productivas, ampliando sus plantas, abriendo nuevas operaciones (caso de Australia) y aumentar sus actividades de exploración y explotación (caso de los principales salares) para garantizar la seguridad de suministro para los fabricantes de baterías de ion – litio y vehículos eléctricos/híbridos.

8.5 Producción de Litio

La producción de litio se concentra en 4 países, ubicándose Australia en primer lugar con un 48,66%, seguido de Chile con un 21,90%, China con un 17,03% y finalmente Argentina se adjudica un 7,54% de la producción mundial al año 2021 (USGS., 2021) tal como se ejemplifica en la tabla 6. Esta producción se encuentra distribuida en un 58% asociada a depósitos de salmueras un 26% desde mineral de roca en el año 2017.

Tabla 7 Producción mundial de litio en toneladas métricas año 2019-2020

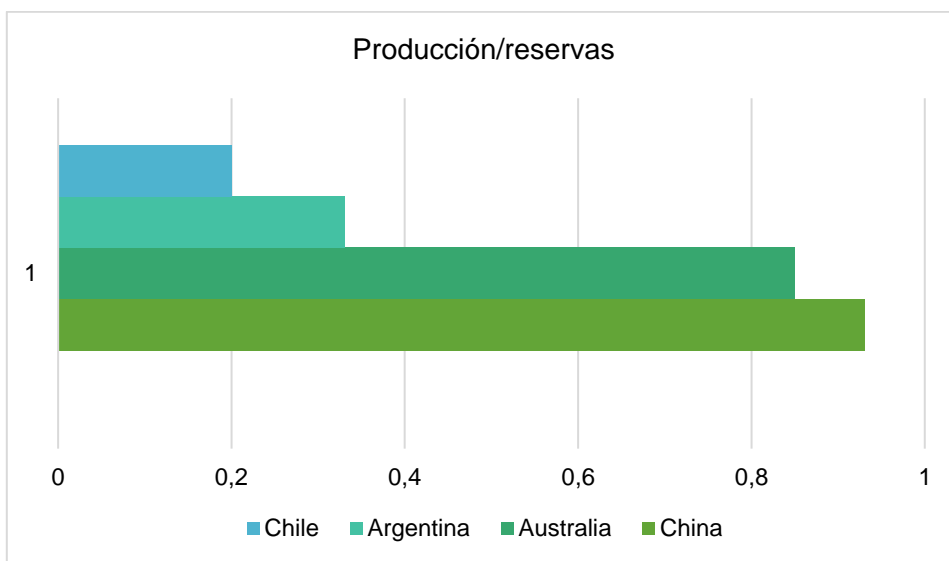
Producción mundial de litio en toneladas métricas de litio contenido, años 2019 - 2020				
Año/país	Producción en toneladas métricas		Producción en Toneladas de LCE	Participación en la producción mundial
	2019	2020	2020	2020
Australia	45.000	40.000	212.766	48,7%
Chile	20.931	23.160	95.745	21,9%
China	10.800	14.000	74.468	17,03%
Argentina	6.300	6.200	32.979	8%
Brasil	2.400	1.900	10.106	2%
Zimbabue	1.200	1.200	6.383	1%
Portugal	900	900	4.787	1%
Canadá	200	-	-	-
EE. UU	W ¹	W	w	-
Total	87.731	87.360	437234	100%

Nota: En la tabla se muestra la producción de los 9 países productores de litio en toneladas métricas y su respectivo porcentaje de participación mundial al año 2019-2020.

La relación asociada a la producción en función de las reservas ya mencionadas deja a China en primer lugar con más de un 90% de eficiencia, Australia con un 85%, Argentina con un 33% y en cuarto lugar recién se asoma Chile con un valor cercano a un 20% (Céspedes & Obaya, 2021) como se observa en la figura 11, demostrando la ineficiencia productiva en cuanto a cantidad de reservas. No obstante, esto también demuestra el potencial de crecimiento de la industria nacional, de tomar las estrategias y medidas correctas.

¹ Información confidencial

Figura 11 Relación Producción en función de las reservas presentes por país.

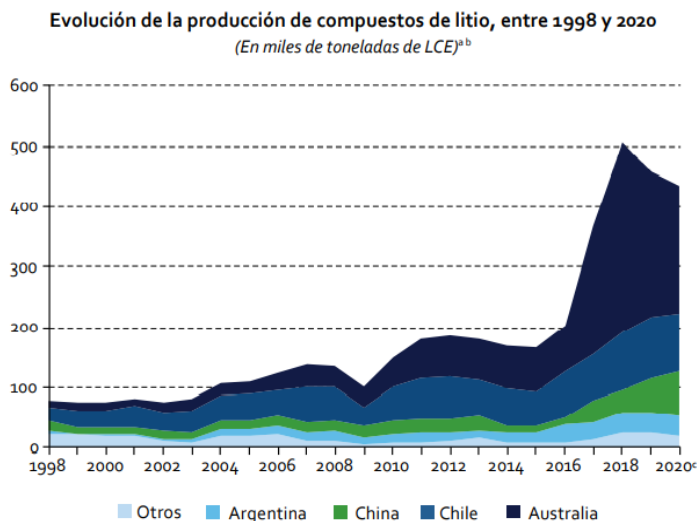


Nota: En la figura anterior se señala la producción en función de las reservas con las que cuentan los principales países productores de litio. Elaboración propia con datos de USGS.

Durante el año 2000 la participación de Chile en la industria del litio era aproximadamente de un 40% del total de la producción mundial y Australia solo mantenía un 23% de participación, sin embargo, en el año 2017 Australia superó a Chile como principal productor mundial debido a la apertura de dos nuevas operaciones de plantas de espodumeno con una capacidad productiva total cercana a las 330.000 toneladas de LCE tal como se refleja en la figura 12, lo que incrementó su producción en un 34% (Cespedes & Obaya, 2021). Además, Argentina comenzó a ganar terreno rápidamente debido a un cambio de estrategia, donde comenzó a incrementar la participación de empresas extranjeras para incrementar su capacidad productiva (Mundo Maritimo, 2019) y, en el mismo año, China entró al mercado del litio con una participación bastante baja para posteriormente dejar de lado las actividades de exploración y enfocarse en la producción de hidróxido importado principalmente desde Australia.

En el mediano plazo se espera que estos mismos países sean los agentes principales de la industria del litio, sin embargo, verían disminuida su participación dados los nuevos países que están incorporándose a la industria del litio, como es Brasil, Canadá, México, Perú y Zimbabue.

Figura 12 Evolución de la producción de compuestos de litio entre 1998 y 2020.



Nota: En la figura se observan la evolución de los principales países productores de litio entre los años 1998 y 2020 en toneladas de LCE. Tomado de CEPAL.

Este incremento productivo se explica por la creciente demanda de litio para la fabricación de baterías ion-litio y en el almacenamiento de electrolitos para las mismas, sumado a las presiones ambientales, regulatorias y fomento del desarrollo de la industria automotriz que ha impulsado fuertemente la electromovilidad (Cantallopts, et al., 2018). Ejemplo de esto es la expansión de la mina Greenbushes en el sureste de Australia para duplicar la capacidad instalada de 50.000 a 120.000 toneladas de LCE² (Schwarz y Perez, 2013) de donde se extrae concentrado de espodumeno el cual es exportado hacia China para su posterior conversión en hidróxido de litio (Bloomberg, 2018). Así mismo se ha observado

² Carbonato de litio equivalente

el incremento productivo de Argentina y el interés de Bolivia en obtener la tecnología necesaria para explotar sus recursos de litio.

En la tabla 8 se observan las operaciones activas en los principales países de la industria del litio, demostrando además las empresas propietarias y su fuerte concentración de mercado.

Tabla 8 Operaciones activas en la producción de concentrado de espodumeno y compuestos de litio en Australia, Chile, China y Argentina.

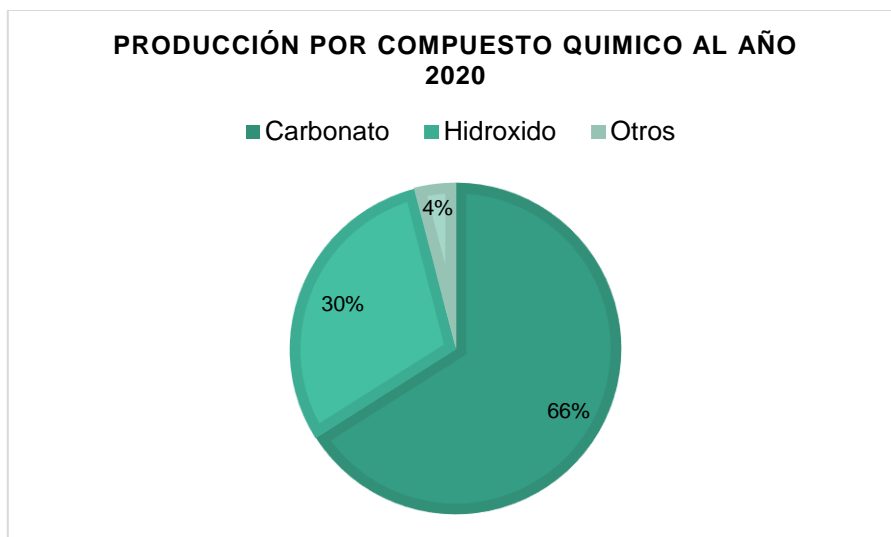
Operaciones activas en la producción de concentrado de espodumeno y compuestos de litio en Australia, Chile, China y Argentina				
País	Operación	Empresas propietarias	Localización	Capacidad productiva
Australia	Greenbushes	Talison Lithium Pty Ltd Propietarias: Tianqi Lithium 51% (China) Albemarle 49% (Estados Unidos)	Western Australia	120 000 t LCE
	Mt Marion	Propietarias: Mineral Resources Ltd. 50% (Australia) Ganfeng Lithium Co. Ltd. 50% (China)	Western Australia	50 500 t LCE
	Wodgina	Albemarle Corp. 60% (Estados Unidos) Mineral Resources Ltd. 40% (Australia)	Western Australia	56 750 t LCE
	Pilgangoora-Pilbara	Pilbara Minerals Ltd (Australia)	Western Australia	41 600 t LCE
	Mt Cattlin	Galaxy Resources Ltd. (Australia)	Western Australia	24 000 t LCE
	Pilgangoora-Altura	Altura Mining Ltd. (Australia)	Western Australia	27 750 t LCE
	Bald Hill	Alita Resources (Australia)	Western Australia	10 000 t LCE
Chile	Atacama-SQM	Sociedad Química y Minera de Chile S.A. (SQM) Propietarias: SQM (Chile) Tianqi Lithium Corp 25,86% (China)	Región de Antofagasta	70 000 t LCE
	Atacama-Albemarle	Albemarle Corp. (Estados Unidos)	Región de Antofagasta	44 000 t LCE
China	Yichun	Yichun Tantalum Co Ltd (China)	Jiangxi	n.d.
	Chaerhan Lake	Qinghai Salt Lake Industry Co. (China)	Qinghai	15 000 t LCE
	East Taijinair	Western Mining Group (China)	Qinghai	n.d.
	Zhabuye	Tibet Mining Development Co., Ltd. (China)	Tibet	5 000 t LCE
Argentina	Salar del Hombre Muerto	Livent Corp. (Estados Unidos)	Catamarca	22 500 t LCE
	Salar de Olaroz	Sales de Jujuy Propietarias: Orocobre Ltd. 66,5% (Australia) Toyota Tsusho Corp. 25% (Japón) Jujuy Energía y Minería SE (JEMSE) 8,5% (Argentina)	Jujuy	17 500 t LCE

Nota: En la tabla anterior se detallan las operaciones activas al año 2020 en sus respectivos países, además de la capacidad productiva anualizada de toneladas de carbonato de litio equivalente. Tomado de CEPAL

En cuanto a la producción por tipos de fuentes, en el año 2019 Australia contribuyó casi la totalidad asociada a yacimientos pegmatíticos adjudicándose un 86% del total de esta, mientras que en el mismo año Chile lideró la producción de litio en base a salmueras con una participación de un 65% y Argentina solo obtuvo un 21%, sin embargo, este País cuenta con yacimientos de espodumeno los cuales están en etapa de exploración por lo que en el mediano plazo puede verse un incremento explosivo de esta producción, logrando incluso superar a Chile de no existir novedades productivas a nivel nacional (Cantallopts & Gonzalez, 2020).

En lo que respecta a compuestos químicos, el carbonato de litio se adjudica el 66% de la oferta total de litio, mientras que el hidróxido de litio asciende al 30% como se muestra en la figura 13, este último con una creciente evolución que se espera continúe en el futuro y llegue incluso a superar al carbonato de litio (Cantallopts & Gonzalez, 2021).

Figura 13 Producción por compuesto químico al año 2020.

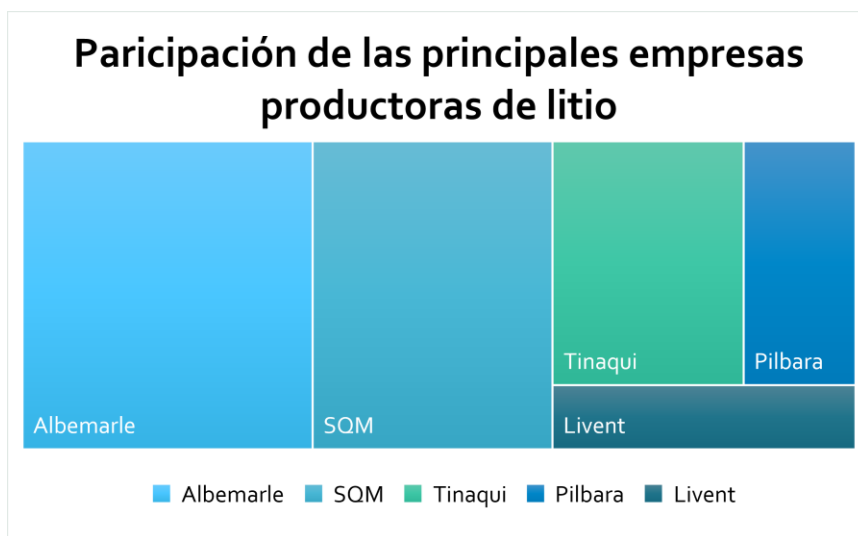


Nota: Proyección de demanda de litio desde el año 2016 hasta el año 2030 por compuesto.

Tomado de COCHILCO.

Como quedó de manifiesto, el mercado del litio se encuentra bastante concentrado pues solo cinco empresas se adjudican dos tercios del total de la producción mundial de litio. Estas empresas son; Albermarle (23%), SQM (19%), Tianqui (12%), Pilbara (7%) y Livent (5%) y las dos primeras mantienen participación en Chile (Cantallopts & Gonzalez, 2020) como se muestra en la figura 14.

Figura 14 Principales empresas productoras de litio al año 2020.



Nota: En la figura anterior se refleja la gran concentración de las empresas productoras de litio y su participación al año 2020. Elaboración propia con datos de (Cantallopts & Gonzalez, 2020)

8.6 Costos de explotación de litio en base a sus operaciones y fuentes.

Los costos asociados a la explotación de litio varían significativamente dependiendo del tipo de operación y naturaleza de este, además se debe considerar si las operaciones son integradas o no, pues el concentrado de espodumeno asume un costo mayor debido al transporte necesario para el procesamiento y posterior conversión en hidróxido de litio,

además se debe tener en cuenta que el proceso productivo asociado a salmuera es menos intensiva en trabajo y capital en relación con las operaciones de mina.

8.6.1 Costos asociados a la producción en base a salmueras.

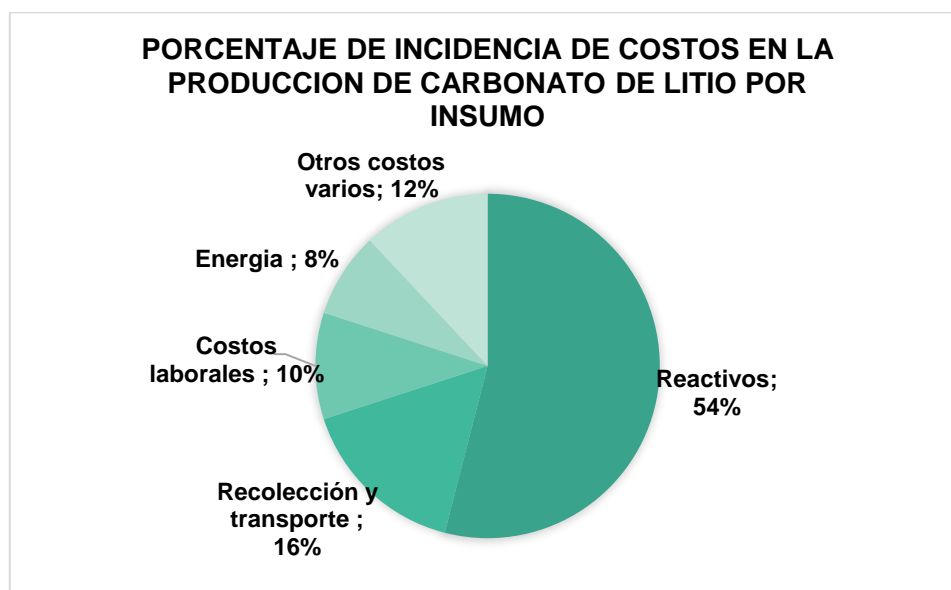
El litio se encuentra disuelto en unas pocas partes por millón en las salmueras y mediante un proceso evaporíticos se bombea la salmuera desde el salar hacia piscinas donde el litio se va concentrando mediante evaporación solar, el viento y la aplicación de distintos reactivos. Este proceso de extracción de litio sostiene un OPEX (costos operativos) menores en comparación con los minerales de roca, no obstante, el CAPEX (inversiones de capital) son mayores, donde el 30-40% se origina en la construcción de las piscinas para la evaporación de salmuera (Cespedes & Obaya, 2021). Este proceso demora alrededor de 12-24 meses en completarse, dependiendo de:

1. **Condiciones climáticas:** Un clima con escasa precipitación favorece la evaporación solar como método extractivo.
2. **Concentración de litio:** La cantidad recuperable de litio que se puede obtener luego del bombeo de las salmueras define en gran medida la viabilidad económica de la extracción.
3. **Relación magnesio/litio:** El magnesio es considerado una “impureza” por lo que, si la relación magnesio/litio es mayor a 10, el salar es considerado económicamente inviable.
4. **Concentración de potasio:** A diferencia del magnesio, el potasio es considerado un coproducto de litio y su presencia aumenta las ganancias para quien explote la salmuera lo que repercute en una disminución de los costos.

Los costos de producir carbonato de litio desde salmueras fluctúan entre los USD/Ton 2.500 y los USD/Ton. 4.500. Siendo el Salar de Atacama el que presenta los costos mas

bajos, bordeando los US\$/ton 2.500-3.000 (Lopez, et al., 2019) y el costo más elevado lo mantiene Australia bordeando los US\$/Ton 4.500. Donde los reactivos representan un 54% del total de costos, 16% están asociados a recolección y transporte de las sales desde la salmuera hasta las plantas procesadoras, 10% asociados a costos laborales, 8% utilizado en energía y el restante 12% es de otros costos varios como se refleja en la figura 15. Mientras que los costos estimados de producción de hidróxido de litio en base a salmueras bordean los US\$/Ton 5.600-6.500 según datos de Roskill al año 2019 debido a que se produce desde carbonato de litio por lo que requiere un procesamiento adicional.

Figura 15 Costos promedios del carbonato de litio desde salmueras desagregados por insumo.

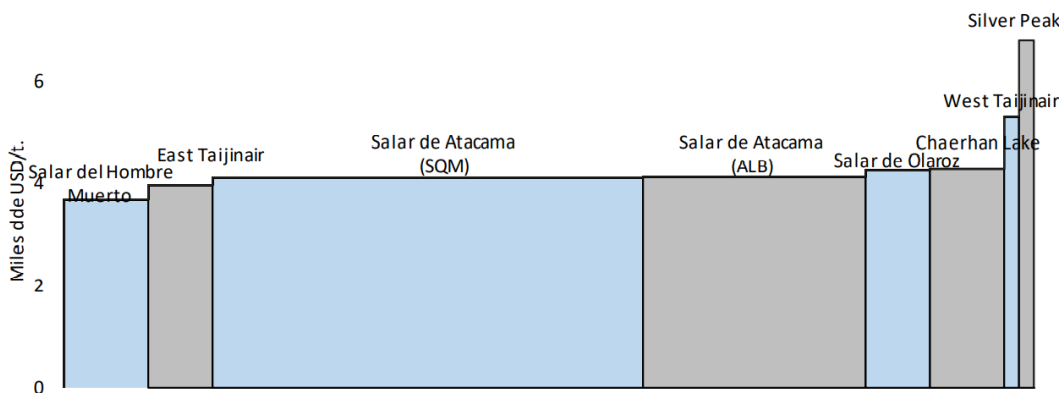


Nota: En la figura anterior se muestra la distribución de costos promedios para la producción de carbonato de litio en base a salmueras. Elaboración propia con datos de Roskill.

En la figura 16 se ven reflejados los costos promedios de producción de carbonato en las principales operaciones de salmueras al año 2021, no obstante, estos costos no incluyen impuestos y regalías, además, se debe señalar que West Tajnair en China presenta una

diferencia considerable debido a su mayor gasto energético y a las condiciones menos favorables de evaporación e impurezas presentes.

Figura 16 Curva de costos estimados de producción de carbonato de litio desde salmueras.



Nota: En la figura anterior se reflejan las principales salmueras y sus costos estimados en Miles de USD/ton de producción de carbonato de litio. No se incluyen impuestos ni regalías. Obtenido de COCHILCO.

Al agregar el pago de royalty estos costos suben considerablemente en Chile cuando el precio de litio supera los US\$10.000 ya que alcanza una tasa marginal del 40%. Así mismo SQM por concepto de arrendamiento efectuó un pago de USD\$ 85.167 en el año 2021 (García, 2021) elevando considerablemente su valor, pero no deja de ser competitivo.

8.6.2 Costos asociados a la producción en base a minerales de roca.

La producción desde depósitos de minerales de roca funciona de manera similar a la minería tradicional a tajo abierto, en donde el espodumeno – principalmente – es triturado y clasificado. Luego se realiza un proceso de flotación para obtener concentrado de espodumeno con un contenido de óxido de litio que bordea el 6%-6,5%. Este concentrado, mediante un proceso de calcinación, se transforma en una forma denominada *beta*. La mezcla de sulfato de litio obtenida, el mineral residual y el exceso de ácido se envían a un

estanque de lixiviación para obtener soluciones de sulfato de litio. Finalmente, y mediante distintos procedimientos de purificación, concentración y tratamiento con carbonato de sodio se obtiene el carbonato de litio (Cespedes & Obaya, 2021).

El costo asociado a la producción tanto de carbonato como de hidróxido de litio depende de si la faena está integrada o no, pues las faenas no integradas tienen un costo mayor asociado al transporte.

El carbonato de litio producido desde faenas no integradas bordea los USD\$/ton. 5.000 -7.500 y el costo del hidróxido se encuentra entre US\$/Ton 6.500- 8.000. Mientras que el costo asociado a la producción de carbonato de litio considerando una faena integrada se posiciona entre los USD\$/ Ton 4.200-USD\$/ton 5.200 y el hidróxido de litio bordea los USD\$/Ton 4.700-5.500 debido a que este no requiere la reconversión desde carbonato, ya que, es producido directamente desde concentrado de espodumeno (Cantallopts & Gonzalez, 2020)

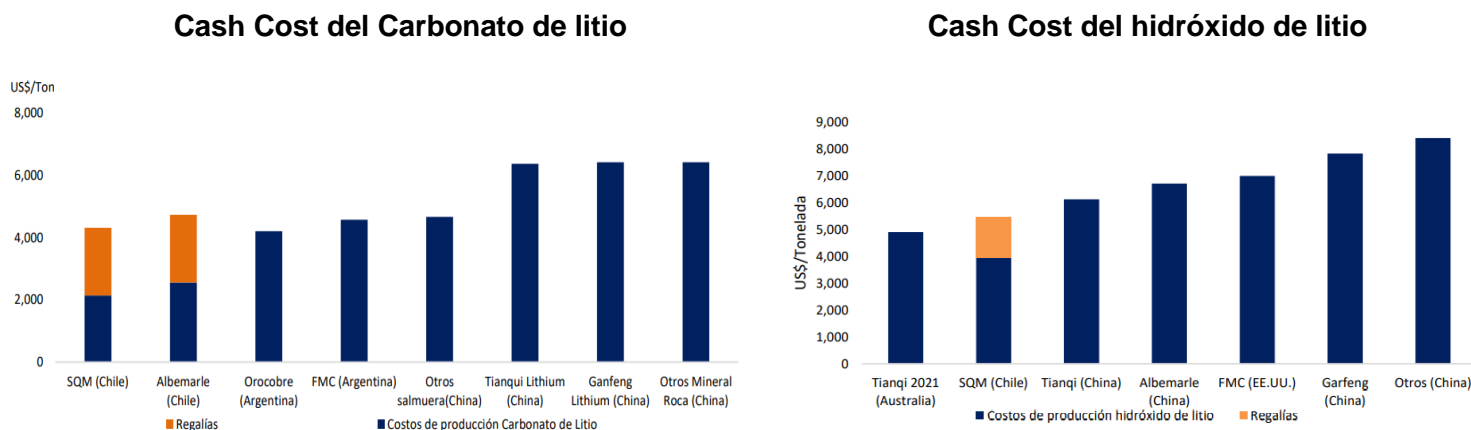
El principal insumo para la producción de litio desde minerales de roca es el concentrado de espodumeno, pues se requieren de 8 toneladas para producir 1 tonelada de carbonato de litio (Cantallopts, et al., 2018) y, debido a que el modelo de negocios presente en Australia es la comercialización del concentrado de espodumeno hacia China para ser procesado en las distintas plantas de conversión, por lo que resulta importante generar una integración vertical entre mina-planta de conversión.

Finalmente, al realizar una comparativa entre los costos entre la producción asociada al carbonato e hidróxido de litio, SQM, empresa participante de la industria nacional de litio, se encuentra entre los primeros lugares en cuanto a costo se trata, así sea con el carbonato de litio en donde se posiciona en primer lugar con unos costos (incluyendo impuestos y regalías) superando levemente los US\$/ton 4.000, mientras que se encuentra en segundo

lugar en los costos de producir hidroxido de litio demostrando el liderazgo en costos que posee la industria nacional, sin embargo, esta estrategia no basta y se requieren acciones inmediatas si se quiere incrementar la capacidad productiva.

Finalmente, en la figura 17 se resumen los costos por compuestos, en donde Chile cuenta con los costos mas bajos para la producción de carbonato e hidroxido, sin embargo, al incorporarse los costos asociados a regalías se eleva casi en un 40% los costos del primero y en un 14% aproximadamente para el segundo. Así mismo, Argentina se encuentra en segundo lugar en cuanto a costos del carbonato de litio y Australia sostiene los costos mas bajos para el hidroxido de litio.

Figura 17 Cash Cost Carbonato de litio e Hidroxido de litio según operaciones activas.



Nota: en la figura anterior se ve reflejada la comparativa del cash cost asociado al carbonato de litio e hidroxido de litio para las principales empresas y sus respectivos países donde se genera la explotación incluyendo las regalías aplicadas para las empresas participantes en el norte de Chile. Obtenido de COCHILCO en base a Nemaska. La regalía esta calculada a un precio referencial de USD\$/ton 12.000.

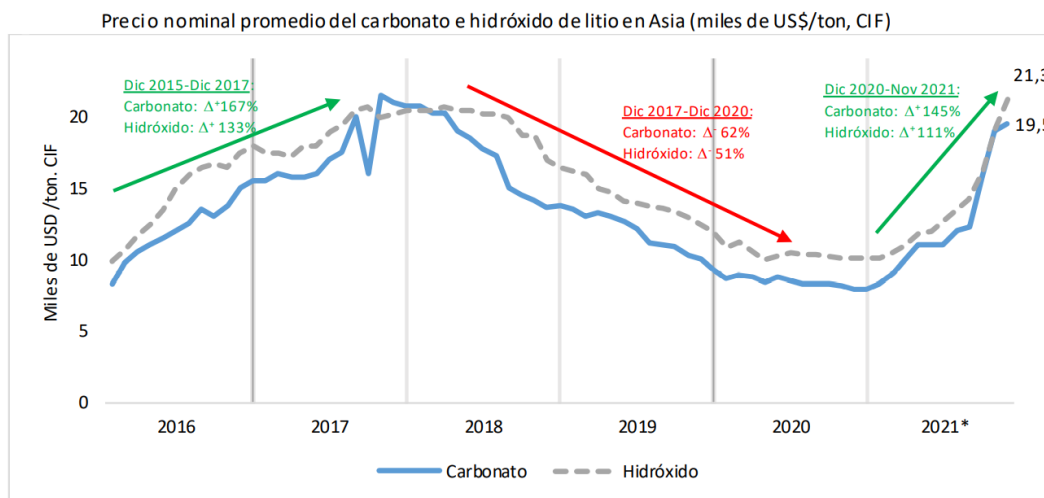
8.7 Precio del Litio

A diferencia de otros minerales, el litio se transa directamente por contratos entre clientes y proveedores por lo que no fue posible acceder al precio específico, pues Industrial Mineral quien maneja esta información, no realiza la entrega de esta de manera gratuita por lo que para el desarrollo del presente trabajo investigativo se recopiló información desde diversas fuentes confiables como CEPAL y COCHILCO determinando los precios mediante FOB (Free on board) y CIF (considerando costo, seguro y flete)

Entre los años 1990 - 1996 el carbonato de Litio se producía desde yacimientos de minerales y salmueras con un precio de mercado en torno a los 3.000 US\$/ton. Sin embargo, con el ingreso de SQM al mercado en el año 1997, existió una disminución en el precio de este compuesto posicionándolo por debajo de los USD\$/ton 1.800 dadas las 9.000 toneladas que introdujo esta empresa (Contreras, 2015). Según se informa en COCHILCO, entre los años 1999 y 2008 el precio del carbonato de litio experimentó un crecimiento de 222%, es decir, un crecimiento aproximado de un de 13,9% anualmente, viendo su mayor apogeo entre los años 2004 y 2008 debido al auge en los precios commodities generado por China elevando su precio de US\$/ton 2.000-2.5000 a US\$/ton 6.000. (Lagos, 2009). Esto sucedió por una escasez del compuesto dado el incremento en la demanda de baterías y problemas asociados a la producción en el Salar de Atacama.

En los últimos años se puede realizar una división de tres ciclos en relación con el precio del litio. 2016-2017 con un crecimiento sostenido para el precio del carbonato e hidróxido de litio, en los 2018-2020 ocurre una recesión con una disminución de un 55% en promedio el precio de ambos compuestos y el último periodo ocurrido entre el 2020-2021 con un repunte importante (Cantalloppts & Gonzalez, 2020).

Figura 18 Precio nominal promedio del carbonato e hidróxido de litio en Asia periodo 2016-2021.



Nota: En la ilustración anterior se refleja el precio promedio nominal de los principales compuestos de litio en Asia incluyendo el costo, seguro y flete, en miles de dólares. El precio es en base a transacciones computadas por S&P Global Market Intelligence.

1. **Periodo 2016-2017:** Debido a las altas proyecciones de ventas de vehículos eléctricos y el temor de que la oferta de litio podría resultar escasa para satisfacer esta demanda es que los precios del litio tendieron al alza. Así según los datos de S&P Global Market Intelligence (2021) entre los años 2015-2017 el carbonato de litio en promedio incremento un 167% y el hidróxido de litio lo hizo en un 97% demostrando el poder especulativo que, y lo sobre estimada que estaba el crecimiento de la demanda de vehículos eléctricos, posicionando al carbonato alrededor de los US\$/Ton 15.000 y al hidróxido de litio cerca de los US\$/ton 17.000
2. **Periodo 2018-2020:** Si bien la demanda de los vehículos eléctricos no creció como se esperaba, eso no significa que no esté en un periodo fuertemente alcista obligando la apertura de proyectos y expansiones importantes que generaron un superávit de oferta descendiendo el precio de litio en un 62% para el carbonato y

un 51% para el hidróxido de litio fijando estos valores en US\$/ton 8.000 y US\$/Ton 10.000 respectivamente.

Durante este periodo existió una ralentización en la economía China, principal consumidor de litio y este mismo país se vio involucrado en una guerra comercial con Estados Unidos por lo que sus expectativas de crecimiento fueron inferiores, además China amenazó con reducir los subsidios a los autos eléctricos lo que condujo a menores expectativas en su demanda. (Cantallopts, et al., 2017).

Sumado a lo anterior, se debe considerar que el inicio de la pandemia Covid-19 comenzó durante el año 2020 y se hizo sentir tempranamente en China, repercutiendo en las cadenas de suministro de bienes industriales y de consumo masivo como vehículos eléctricos, artículos, entre otros.

3. **2021:** Si en el primer periodo mencionado de estos tres ciclos las sobre expectativas en la demanda incrementaron los precios del litio, en la actualidad, es un hecho que la demanda de litio se está ajustando con la oferta ejerciendo una presión significativa en esta última incrementando los precios de este mineral en un 145% para el carbonato de litio y 111% para el hidróxido.

Si bien los factores anteriores son significativos, esta variación refleja un proceso de estabilización (Poveda, 2020) donde los precios de hidróxido y carbonato van acortando su brecha. Pudiendo ser perjudicial para la industria nacional ya que en su mayoría se comercializa carbonato de litio, producto que tiene una capacidad energética inferior para la industria de baterías ion-litio.

8.8 Litio en Chile

El descubrimiento del litio en Chile se produjo por casualidad mientras la empresa Anaconda realizaba búsqueda de agua en el Salar de Atacama, sin embargo, descubrieron

una sustancia densa con alta concentración de litio, potasio, magnesio y boro evidenciando que se estaba en presencia de salmueras. Lo anterior presionó al Instituto de Investigaciones Geológicas del Ministerio de Minería para realizar investigaciones en este Salar concluyendo que la cantidad de concentración de litio era la más alta encontrada hasta la fecha con una concentración de 2.000 ppm (Guerrero, 2010).

CORFO crea el Comité de Sales Mixtas en 1977 para realizar una supervisión del mineral y los estudios necesarios para conocer su importancia, convirtiendo a Chile en el primer país de Latinoamérica con un avance significativo respecto al desarrollo con la acumulación de energía (Fornillo, et al., 2019).

Una vez conocido el potencial existente en el Salar de Atacama y ante la necesidad de incorporar capital para realizar las inversiones en tecnología para la explotación es que en el 13 de agosto de 1980 CORFO suscribió un contrato básico con Foote Mineral Company (actual Albemarle), para conformar la Sociedad Chilena del Litio (SCL), en donde el primero mantenía un 45% y Foote Mineral Company el 55% restante. Esta sociedad tenía la finalidad de explotar y vender productos de litio hasta 200.000 toneladas métricas y para poder realizar este contrato se requería la aprobación de la CCHEN puesto que en el año 1979 el litio se declaró recurso estratégico (del Estado) mediante el Decreto Ley 2.886 (Zuñiga, 2010).

Por otro lado, se conformó la empresa Minsal Ltda. Donde CORFO tenía una participación del 25%, Amax con un 63,75% y Molybdenum con 11,25% restante de la sociedad, permitiéndoseles una producción de 180.100 toneladas métricas de litio en un plazo de 30 años. Esta sociedad debía pagar una contribución por parte de la sociedad al financiamiento de planes de investigación del litio asociado a un monto del 0,8% sobre el valor bruto de las ventas de las sales de litio para el financiamiento de investigaciones asociadas al litio en Chile (Arrese & Fernandez, 2019). Esto se reflejó en el Convenio Base que suscribió CORFO con MINSAL en donde se estableció que “la contribución de la sociedad al financiamiento de los

planes de investigaciones del litio estará comprendida dentro de la suma de regalías (6,8%) que se pagarán a la CORFO por la venta de productos de litio” (Poveda, 2020).

Finalmente, en el año 1993 se gestionó un contrato decisivo que entregaría casi por completo el control del litio a manos de SQM (ex Amax y Molybmet), donde se extendía la duración de estos contratos hasta el año 2030 (Contreras, 2015). Esta negociación entre SQM y CORFO tenía un gran número de deficiencias asociados a la fiscalización y regulación en la explotación del litio donde Chile solo recibió un 5% de las ganancias que generaba la empresa SQM. De esta manera, SQM aprovechó estas falencias en el contrato para inscribir los derechos de agua a su nombre sin obligaciones de transferencia a quien obtenga futuras licitaciones impidiendo que nuevas empresas puedan ingresar a la competencia del litio debido a las amplias barreras de entradas presente (Dirección General de Aguas, 2016).

8.9 Depósitos de Litio en Chile

Si bien es conocido que en el Salar de Atacama se concentra la mayor cantidad de reservas asociadas al litio, en los últimos años se han realizados estudios en distintos salares a lo largo de Chile para comprobar la viabilidad del proceso de extracción del litio, resolviendo que el Salar de Maricunga, Salar de Pedernales, Salar la Isla y sectores colindantes al Salar de Atacama que son externos a la propiedad minera de CORFO son los que tienen un mayor potencial debido a la baja concentración de magnesio/litio y a la cantidad de partes por millón (ppm) presentes en ellos (Minería Chilena, 2018).

Pese a estos esfuerzos por conocer las cantidades reales de litio presentes en Chile, aún faltan mayores actividades de exploración y estudios profundos sobre los más de 60 salares presentes en Chile. Además, si se considera que cada salar tiene condiciones específicas no se puede generar una explotación de litio sin conocer cuanta tecnología y recursos va a requerir.

En línea con lo anterior, de los 9,2 millones de reservas estimadas de litio, 3,1 se clasifican como probables y los otros 6,1 millones como probadas.

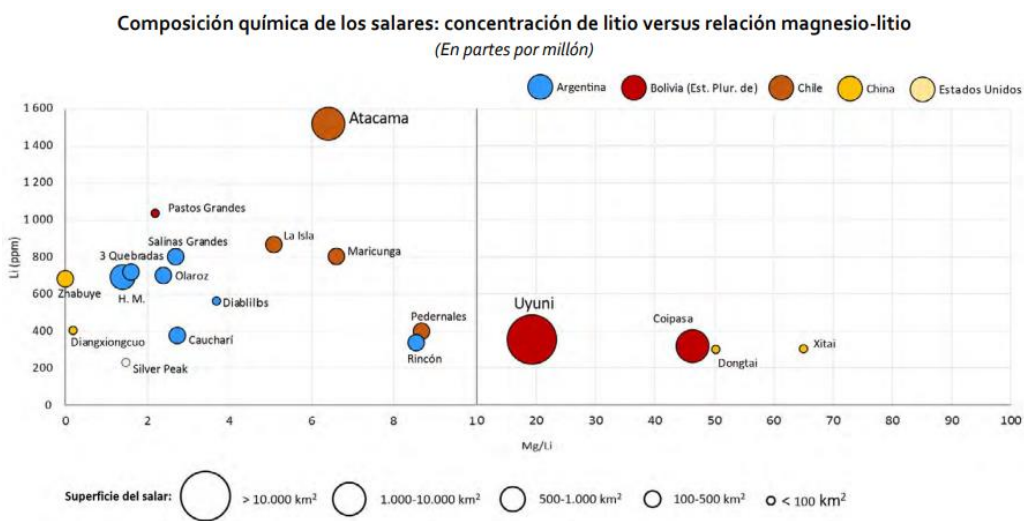
Los salares más importantes en Chile son:

- **Salar de Atacama:** Es el salar más importante en cuanto a concentración y cantidad de reservas de litio. Se encuentra ubicado en una fosa tectónica con una superficie alrededor de 3.000 km² con múltiples accesos los cuales conectan San Pedro de Atacama con Peine. Desde la cuenca se drenan aguas subterráneas y superficiales provenientes desde la Alta Cordillera (Garces, 2018).

Entre los beneficios del Salar de Atacama está la cantidad de elementos además de litio, como lo es el potasio y sulfato que incrementan su valor comercial, pues son considerados como coproductos del litio. Por lo demás, las condiciones climáticas asociadas a la escasa precipitación y las altas tasas de evaporación reducen los costos y aceleran el proceso de obtención de litio desde las salmueras.

Las reservas que se encuentran en este salar poseen una concentración diez veces superior a aquellas concentraciones encontradas en salares norteamericanos en lo que respecta a litio y de 7 a 100 veces más de litio presente en el Mar Muerto en Argentina tal como se muestra en la figura 19 (Garces, 2018).

Figura 19 Composición química de los salares: concentración de litio versus mg/litio.



Nota: En la imagen anterior se realiza una comparativa entre los principales salares y la composición química presente en ellos con énfasis en la relación magnesio/litio.

- **Salar de Maricunga:** Ubicado a 160 km de Copiapó es considerado como el segundo espacio más rico en litio del país después del Salar de Atacama. Cuenta con una superficie de 145 km². Si bien existen proyectos aprobados mediante CEOL³ entre el Estado chileno y CODELCO para la extracción de litio, estos se encuentran paralizados debido a las reclamaciones y recursos judiciales interpuesto por distintas organizaciones sociales contra las empresas Minera Salar Blanco SpA. y SIMCO.

Según el Estudio de Impacto Ambiental (EIA) de SIMCO SpA. Este Salar tiene una proyección de 5.700 toneladas anuales de carbonato de litio, 9.100 toneladas de hidróxido de litio y 38.900 de cloruro de potasio, mientras que el EIA de Minera Salar Blanco SpA. proyecta una producción de 20.000 toneladas anuales de carbonato de litio y 58.000 de cloruro de potasio (OLCA et al., 2021).

³ Contratos Especiales de Operación de Litio

- **Salar de Pedernales:** Salar pre-andino que se compone de costras salinas de yeso y halita, depósitos sedimentarios de arcilla y arena. Tiene una superficie de 335 km². Este Salar es la fuente de abastecimiento de agua para la División El Salvador de CODELCO. La Cosmovisión y modo de vida de la comunidad indígena Colla está enfocada en la Madre Tierra por lo que esta comunidad se resiste a que se inicie la explotación de litio debido al impacto ambiental que se genera en este proceso (SERNAGEOMIN, s.f).

Como se mencionó, resulta complejo realizar un estudio profundo de los más de 60 salares que existen en nuestro país dado que cada uno es un ecosistema distinto, sin embargo, se debe incrementar la velocidad de las actividades exploratorias si se quiere satisfacer la demanda de litio en los próximos años, ya que, iniciar una operación en un salar puede tardar hasta 7 años y este tiempo puede ser mayor debido al marco normativo y los retrasos que este genera a la industria nacional.

8.10 Marco Normativo Chileno

El marco normativo explica la participación que tienen los distintos actores del mercado, señalando sus limitaciones y competencias, es decir, fija las reglas del juego señalando las oportunidades y obstáculos que limitan las actividades que pueden realizar los distintos participantes (León et al., 2020).

El marco normativo existente en Chile se puede subdividir en dos etapas, separadas por la declaración del litio como un recurso estratégico en el año 1979.

- **Primera etapa (Pre-1979):** Durante este periodo las pertenencias mineras resultaban libres para los titulares de las concesiones amparadas por el código de Minería del año 1932 (Terrazas, 2018). Las empresas estatales que contaban con concesiones

históricas eran CORFO en el salar de Atacama y ENAMI en conjunto con CODELCO en los salares de Pedernales y Maricunga (Castillo, et al., 2019).

- **Segunda etapa (1979 – actualidad):** Una vez promulgado el Decreto Ley 2.886 el cual reserva el litio para el Estado y se le concede un carácter estratégico, existieron mayores limitaciones para adjudicarse las concesiones de este mineral y, según el Art. 8 del Código de Minería, “la exploración o la explotación de los yacimientos que contengan sustancias no susceptibles de concesión, podrán ejecutarse directamente por el Estado o por sus empresas, o por medio de concesiones administrativas o de contratos especiales de operación, con los requisitos y bajo las condiciones que el Presidente de la República fije, para cada caso, por decreto supremo”. Por lo anterior, existen tres métodos para realizar explotación de litio en Chile; mediante un Contrato Especial de Operación del litio (CEOL); por medio de sus empresas estatales o a través de Concesiones Administrativas.

El primer paso para este proceso es un contrato especial denominado CEOL, en donde se fije el lugar para el desarrollo de sus proyectos, definir las tecnologías que utilizarán, cumplir con los requerimientos exigidos por la institucionalidad ambiental, ya sea, ambientales como regulatorios y generar un espacio propicio para la comunicación con las comunidades aledañas de las zonas donde se llevarán a cabo estos proyectos. Posterior a ello, las empresas deben realizar una oferta económica al Estado para obtener su cuota de producción y realizar los pagos variables asociados a la fase productiva del proyecto (Ministerio de Minería, 2021).

Las distintas empresas, tanto nacionales como privadas que han tenido participación en Chile en la industria del litio son:

- **Sociedad Chilena de Litio (SCL):** Surge en el año 1980 mediante la unión de CORFO y Foote Mineral Co. En donde la primera se adjudicó el 45%, mientras que

Foote Mineral el 55% restante. Esta sociedad contaba con la aprobación por parte de la CCHEN para producir y vender litio en un área de concesión del Salar de Atacama que originalmente pertenecía solo a CORFO. Es en 1984 donde SCL comienza a producir carbonato de litio, sin embargo, un año después es que se oficializa el contrato entre ambas partes y en él no se consideran las rentas de arrendamiento para la explotación del litio (León et al., 2020) puesto que CORFO capitalizó su aporte mediante la transferencia del área de concesión. Además, en dicho contrato tampoco se establecía fecha de término de este, solo se fijó el tiempo necesario para consumir la cuota.

Finalmente, en 1989 se suscribió una modificación al Convenio Básico en donde CORFO vendió el total de su participación a Foote Mineral Co.

- **Albemarle:** En el año 2012 SCL cambió de razón social a Rock Wood Litio Ltda. y posteriormente en el año 2015 fue adquirida por Albemarle. En el año 2016, se realizaron modificaciones en el contrato que se encontraba suscrito con CORFO, incrementando las cuotas de extracción, pagos de regalías y aportes destinados a I+D⁴, además de fijar la fecha de término de contrato para el año 2043.

En el año 2018 esta empresa solicitó ampliar su cuota de producción a 258.466 toneladas anuales haciendo alusión a inversiones para la producción de litio de manera sostenible, disminuyendo considerablemente la extracción de agua y salmuera, sin embargo, solo se le autorizó un aumento en su cuota a 140.000 toneladas anuales por parte de CORFO, la cual posteriormente fue anulada, ya que se consideró que la empresa no aportó información suficiente para explicar las mejoras asociadas a su proceso de explotación. Pese a esto, en la actualidad sigue

⁴ Investigación y desarrollo.

siendo la empresa líder en la cantidad de litio producido a nivel mundial y realizó una nueva postulación al llamado a licitar en el año 2021 sin obtener resultados positivos.

- **SQM:** En 1986 se configura la Sociedad Minera Salar de Atacama Ltda. (MINSAL) Conformada en un 25% por CORFO, la empresa americana Amax con un 63,75% y la chilena Molymet con el restante 11,25%. Esta sociedad tenía una duración de 33 años y se fijó un royalty de 5,8% por términos de pertenencias de OMAS, además se dispuso una producción fija y venta máxima de 180.101 toneladas de litio, sin embargo, entre los años 1992-1993 este contrato fue modificado puesto que la empresa SQM adquirió la participación de Amax y posteriormente de Molymet, adjudicándose un 75% del total de esta sociedad. Finalmente, en el año 1995 SQM adquirió todas las acciones de CORFO en MINSAL.

En el año 2008 SQM solicitó un aumento a 1 millón de toneladas como cuota de explotación, siendo rechazada por la CCHEN. No obstante, en el año 2018 con la nueva modificación contractual entre SQM y CORFO, se aumentó la cuota de extracción a 349.553 toneladas de litio metálico hasta el año 2030. Además, en este mismo contrato se estableció una posible alianza entre SQM y CODELCO para expandir la explotación de la primera al Salar de Maricunga. Debido a las cuotas de explotación de litio que posee SQM es que esta se adjudica la mayor producción de litio en Chile.

Las modificaciones más importantes entre las empresas que mantienen contratos vigentes con el Estado tienen relación con los aumentos en las capacidades extractivas, definición de plazos de la vigencia de estos acuerdos, pagos de comisiones asociadas al precio de venta del mineral y diversos aportes para investigación y desarrollo que, previo a 2018, eran casi nulos. Además de ofrecer incentivos para otorgar un valor agregado al

mineral tal como se resume en la tabla 9. No obstante, este aumento de cuotas productivas está sujeta a los cumplimientos de la construcción de plantas productoras de litio grado batería y de no cumplir con este requisito verían reducida su fecha de término de contrato para Albemarle y su nueva cuota de explotación para SQM.

Tabla 9 Principales modificaciones entre Albemarle, SQM y CORFO.

Conceptos	Albemarle	SQM
Cuota Extracción ^(a)	Nueva de 262.132 tons. + remanente de 110.000 de la anterior cuota de 200.000	Nueva de 349.553 tons. + remanente de 64.816 de la anterior de 180.001
Extracción Salmuera y Agua Plazo	Se mantienen en 442l/s y 23,5l/s 31-12-2043 (antes no fijado)	Se mantiene en 1.500l/s y 240 l/s 31-12-2030 (se mantiene)
Royalty (Pago Comisión)	6,8% a 40% por precio de Li (antes no existía)	6,8% a 40% por precio de Li. (antes 5,8% fijo)
Aportes para I+D ^(b)	Entre US\$6 y US\$12,4 millones (antes no existían)	Entre US\$10,7 y US\$18,9 millones (antes el 0,8% del 5,8%).
Incentivo al Valor Agregado ^(c)	Hasta un 25% de la producción a precio preferente	Hasta un 25% de la producción a precio preferente
Comunidades	3,5% de las ventas	Entre US\$10 y US\$ 15 millones
Control y fiscalización	Acceso a información operativa, financiera y ambiental	

Nota: El cuadro anterior resume las condiciones que se mantenía entre la empresa Albemarle previo a su modificación contractual en el año 2016 y posterior a ella con el Estado chileno y la modificación de condiciones entre SQM y el Estado chileno en el año 2018. Tomado de Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.

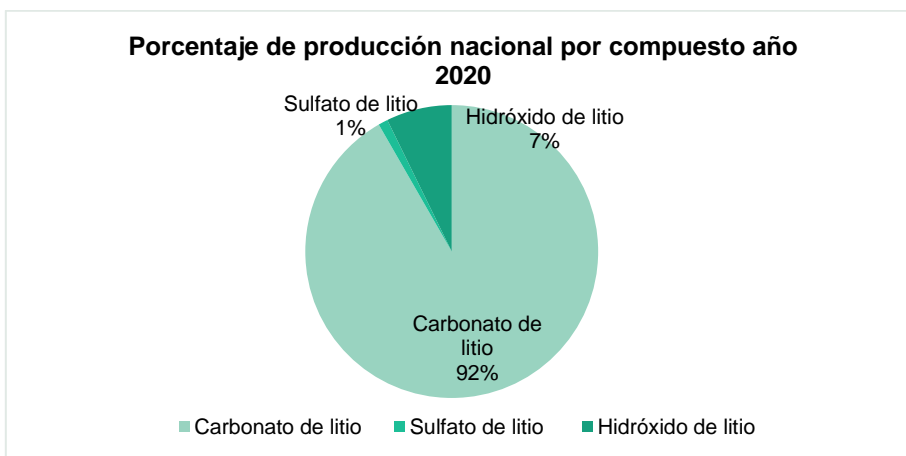
Si bien han existido varias modificaciones contractuales entre el Estado y las firmas participantes, no se ha modificado el carácter principal del litio por lo que no pueden ingresar nuevos actores a esta industria impidiendo que exista la posibilidad de otorgarle un mayor valor a este mineral tan importante y según Gustavo Lagos (2012), la legislación existente obstaculiza la expansión de la industria y genera retrasos en la misma por lo que ya no es opcional una modificación del marco normativo actual y la apertura a nuevas licitaciones de explotación de litio de manera sostenible.

8.11 Producción Chilena de Litio

La producción chilena de litio está asociada en un 92% al carbonato de litio el cual es utilizado principalmente en los cátodos de las baterías ion-litio, aire acondicionado, cerámica y vidrios, entre otros usos. En segundo lugar, se encuentra el hidróxido de litio con 9.030 toneladas métricas en el año 2020, del cual solo se tiene registro de producción nacional desde el año 2005 con un 7% del total de producción. Mientras que en el año 2020 se comienza a producir sulfato de litio (SERNAGEOMIN , 2021) como se señala en la figura 20.

El total producido a nivel nacional es exportado.

Figura 20 Porcentaje de producción según compuesto al año 2020.



Nota: En el gráfico se muestra los porcentajes de los compuestos principales producidos en Chile al año 2020. Elaboración propia en base a datos de SERNAGEOMIN.

Como ya se mencionó, la explotación de este mineral en Chile está en manos de las firmas SQM y Albemarle en el Salar de Atacama. Mientras que existen proyectos aprobados para la explotación de salmueras en el Salar de Maricunga y Salar de Pedernales los cuales se encuentran suspendidos por conflictos entre las comunidades y las empresas dados los impactos ambientales que estos proyectos generarían en la zona. Además, existen proyectos

de ampliación de la Planta Química La Negra, Salar del Carmen y la Planta de Carbonato de Litio (Cantallopts & Gonzalez, 2020), los que están sujetos a las nuevas cuotas de producción estipuladas en los contratos, tanto para Albemarle como para SQM. Sin embargo, la pandemia del COVID- 19 ha generado retrasos en los mismos.

Entre Albemarle y SQM son responsables del 22% de la producción mundial de litio. Sin embargo, sus procesos no son eficientes, ni amigables con el medio ambiente, dado que solo se ha buscado la minimización de costos sin realizar inversiones en mejoras tecnológicas y mucho menos en innovación o valor agregado de este mineral.

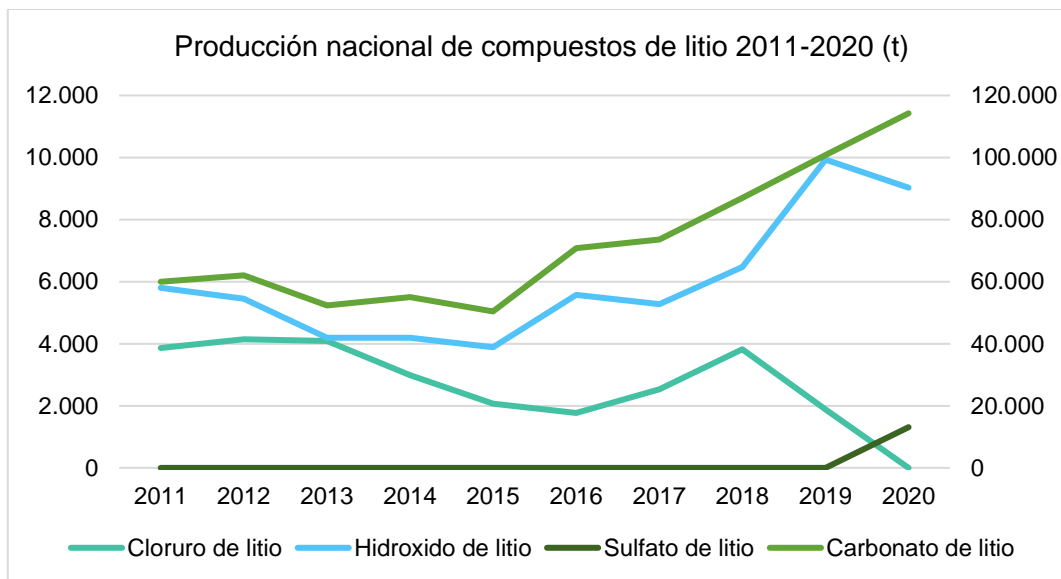
Tal como lo señala SQM, solo un 18% de sus residuos son reciclados o utilizados en la recuperación energética y tiene una emisión de dióxido de carbono de 647.209 toneladas al año 2019 con un incremento en casi 100.000 toneladas respecto al año 2018 (SQM, 2020). Además, no contemplan la reinyección de salmueras una vez explotado el litio y el tiempo en que se obtiene el litio depende netamente de condiciones climáticas, siendo un periodo bastante extenso en comparación con el proceso de minerales de roca.

SQM tiene una superficie de operación de 819 km² con contratos vigentes para la explotación de litio hasta el año 2030, mientras que Albemarle posee una superficie de operación de 167 km² con un plazo para explotar el litio hasta el año 2043 (Minería chilena, 2018).

Como ya se mencionó Chile basa su producción en carbonato de litio grado batería (92%) con 114.260 toneladas producidas al año 2020, casi duplicando la cantidad producida en el año 2011. De la misma manera, el hidróxido de litio experimentó un crecimiento de un 55% entre el mismo periodo de tiempo, produciendo 9.030 toneladas de litio al año 2020 y a partir del mismo año comienza la producción de sulfato de litio con una cantidad mínima de

1.312 toneladas, registrando en total una producción de compuestos de litio de 124.602 toneladas en el año 2020 (SERNAGEOMIN , 2021) tal como se refleja en la figura 21.

Figura 21 Producción nacional de compuestos de litio 2011-2020, en toneladas.



Nota: En la figura anterior se refleja la producción nacional desde el año 2011 hasta el 2020 por compuestos en toneladas de litio. Eje principal; cloruro de litio, hidróxido de litio y sulfato de litio. Eje secundario; carbonato de litio. Elaboración propia con datos de Anuario de la Minería de Chile.

Las exportaciones por compuestos de litio ascienden a US\$ 667.110,8 en el año 2019 con principal destino hacia Asia, como se observa en la tabla 10, Corea del Sur, China y Japón son los principales consumidores de carbonato de litio chileno adjudicándose cerca del 70% del capital de las exportaciones. Mientras que Corea del Sur, Japón y muy por detrás Bélgica son los consumidores de hidróxido de litio (COCHILCO, 2021). China no es consumidor de hidróxido de litio, pues es productor de este compuesto. Acorde a la directriz mundial, a partir desde el año 2017 es que se observa los incrementos más considerables de consumo de litio para ambos compuestos principales.

Tabla 10 Exportaciones chilenas de productos de litio 2009-2019 (Miles de US\$)

País de Destino	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
CARBONATO DE LITIO	114.801,5	174.315,5	204.160,6	247.019,6	225.917,1	228.634,1	245.128,8	457.223,9	606.599,7	827.051,5	532.335,3
De los cuales a:											
COREA DEL SUR	27.220,1	38.294,6	47.630,8	65.695,1	61.693,1	63.381,6	77.687,2	119.611,3	163.290,8	309.605,9	215.868,4
CHINA	6.788,4	19.829,0	20.966,3	53.223,3	45.952,4	38.543,5	41.522,7	113.771,8	181.061,6	125.927,6	47.692,3
JAPÓN	33.349,6	52.550,0	51.334,8	46.927,0	27.395,8	51.734,8	44.302,7	87.170,4	132.938,8	211.990,5	104.407,9
BÉLGICA	13.664,9	21.727,4	30.255,1	33.474,2	33.764,1	21.247,4	33.024,8	78.242,0	65.112,5	101.010,5	65.253,1
ESTADOS UNIDOS	11.340,0	9.245,3	16.878,1	20.707,9	25.096,7	25.137,0	21.207,9	22.045,5	22.060,8	29.419,9	43.855,8
ALEMANIA	12.052,1	18.255,0	19.468,6	13.704,8	16.667,0	15.065,1	13.167,0	14.949,5	22.634,6	32.847,8	44.101,8
HIDRÓXIDO DE LITIO	19.084,3	25.647,1	25.993,1	28.468,9	21.743,4	28.205,8	27.248,3	58.665,7	98.969,4	93.998,5	120.645,5
De los cuales a:											
COREA DEL SUR	647,6	1.554,7	2.168,3	3.389,2	1.764,4	7.003,1	8.636,2	28.003,9	54.915,3	69.014,4	82.549,8
JAPON	1,4	2,5	149,8	307,2	457,1	0,0	0,0	0,0	6,8	106,8	16.201,9
BÉLGICA	10.733,5	12.048,8	11.266,6	10.180,4	8.624,6	6.524,0	5.504,9	12.281,9	13.086,5	6.571,8	6.592,3
ESTADOS UNIDOS	2.469,3	4.569,6	7.036,5	9.684,7	6.279,2	11.346,1	10.180,4	6.502,3	11.093,9	5.742,2	6.379,0
CANADA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6.529,4	2.333,3	2.496,5	2.705,6
ARGENTINA	656,5	807,2	680,9	949,7	825,8	945,9	1.268,8	1.154,5	1.144,9	1.366,2	1.658,0
CLORURO DE LITIO	5.088,6	7.558,1	10.503,0	13.786,9	11.907,9	11.855,7	8.926,4	9.509,1	20.095,7	26.448,1	14.129,9
De los cuales a:											
BOLIVIA											
ALEMANIA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4.168,7	6.182,1	9.509,1	20.095,7	26.446,1	12.304,6
CHINA	0,0	250,5	871,3	2.315,6	2.271,7	6.383,0	1.342,6	0,0	0,0	0,0	1.825,3
ISRAEL	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0
ESTADOS UNIDOS	5.088,6	6.839,4	9.273,8	10.303,7	9.636,2	1.304,0	1.253,2	0,0	0,0	0,0	0,0
BÉLGICA	0,0	0,0	100,4	0,0	0,0	0,0	148,5	0,0	0,0	0,0	0,0

Nota: En la tabla anterior se reflejan los principales países de destino de los compuestos de litio entre el año 2009-2019 valorizados en Miles de dólares. Obtenido del Ministerio de Minería.

Si bien la producción de litio se ha incrementado acorde con la demanda de litio, estas solo representan un 2% del total de las exportaciones a nivel nacional, debido a que se sigue comercializando materia prima de bajo precio de venta sin un mayor valor agregado.

8.12 Royalty y Aportes Económicos.

Las empresas explotadoras del litio en Chile están sujetas a diversos pagos, el más importante se denomina royalty o regalías asociadas al arriendo por la explotación de las pertenencias mineras de propiedad de CORFO, también deben realizar pagos de patentes e impuestos a la renta (García, 2021).

El royalty existente previo al año 2018 era cobrado de manera trimestral y correspondía a un 5,8% fijo de la explotación, sin embargo, luego de las modificaciones se estableció una tasa de comisión escalonada, progresiva y marginal desde un 6,8% y como tope un 40% del precio de litio, como se muestra en la tabla 11 diferenciados, para SQM y Albemarle (García, 2021)

Tabla 11 Rango de precios USD\$/MT y su respectivo pago de royalty en porcentajes.

Carbonato de Litio (Albemarle y SQM), Hidróxido de litio (Albemarle)	Hidróxido de Litio (SQM)	Royalty (%)
0 a 4000	0 a 5000	6,8
Sobre 4000 a 5000	Sobre 5000 a 6000	8
Sobre 5000 a 6000	Sobre 6000 a 7000	10
Sobre 6000 a 7000	Sobre 7000 a 10000	17
Sobre 7000 a 10000	Sobre 10000 a 12000	25
Sobre 10000	Sobre 12000	40

Nota: En la tabla se muestra los pagos asociados a concepto de regalías o royalty a pagar por las empresas Albemarle y SQM según compuesto una vez realizadas las modificaciones contractuales (2016 y 2018 respectivamente). Elaboración propia con datos de la Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.

Debido a estas modificaciones contractuales es que se espera que el Estado perciba cerca de US\$1.355 millones en el año 2030, destinando US\$31 millones para investigación y desarrollo y US\$93 millones en beneficio de las comunidades aledañas a la zona de

explotación. De no haber sido modificado este acuerdo el Estado hubiese recibido solo US\$42 millones, siendo una diferencia considerable en favor del Estado chileno. Finalmente, el monto de I+D para el periodo 2018-2030 asciende a US\$355 millones y, si se considera el periodo 2031-2043 sube a US\$513 millones, tal como se observa en la tabla 12.

Tabla 12 *Proyección de aportes de SQM y Albemarle desde 2018-2043 en millones de dólares.*

Situación donde SQM produce 216 kt de LCE y Albemarle 64 kt de LCE anualmente						
Año	CORFO	R. Minero	Imp. Renta	I+D	Total percibido por el Estado	Comunidades
2018	232	65	228	18	543	49
2019	256	70	248	18	592	55
2020	307	88	296	18	709	64
2021	363	100	340	22	825	69
2022	418	113	382	31	944	74
2023	456	116	401	31	1.004	77
2024	412	128	429	31	1.000	76
2025	408	127	426	31	992	76
2026	470	141	473	31	1.115	81
2027	531	156	520	31	1.238	87
2028	563	163	538	31	1.295	90
2029	603	172	562	31	1.368	93
2030	599	169	556	31	1.355	93
TOTAL	5.618	1.608	5.399	355	12.980	984
2031-2043	1.271	562	1433	158	3.424	255
TOTAL	6.889	2.170	6.832	513	16.404	1.239

Nota: En la tabla anterior se demuestran los aportes esperados por la empresa SQM desde el año 2018-2030 y aportes de Albemarle hasta el año 2043 fecha donde finalizan sus respectivos contratos. Esta proyección fue estimada con una capacidad productiva de 216 kt de LCE para SQM y 64 kt de LCE para Albemarle. Obtenida de COCHILCO.

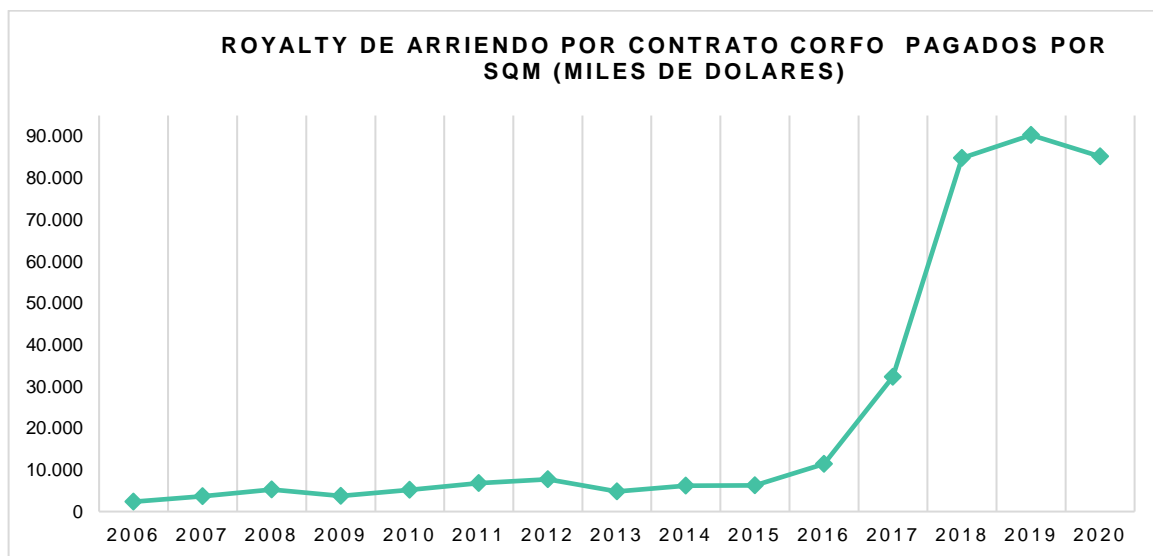
Estos aportes levantaron 3 proyectos; el primero denominado Instituto de Tecnologías Limpias (ITL) cuyo objetivo consistía en apoyar la creación e instalación de un Instituto Tecnológico que desarrolle actividades de investigación y desarrollo, transferencia de tecnología e innovación, asistencia tecnológica y técnica especializada, difusión tecnológica o generación de investigación e información de apoyo a la regulación y a las políticas

públicas, en las áreas de energía solar, minería de bajas emisiones y materiales avanzados de litio y otros minerales (CORFO, 2020), además quien se adjudicase este proyecto tendría un financiamiento de hasta USD\$ 193.485.02 proveniente de los aportes de SQM y un mínimo de un 30% de cofinanciamiento privado. Finalmente, este proyecto fue adjudicado en el año 2021 a favor del consolidado Associated Universities Inc., integrado por varias universidades de Estados Unidos y algunas privadas de Chile (Poveda, 2021). El segundo proyecto se denominó Centro Tecnológico para la Economía Circular (CTEC) cuya finalidad es resolver las brechas de infraestructura, equipamiento tecnológico y demanda por innovación, además de activar, diversificar y sofisticar la oferta actual de productos para otorgar servicios de alto valor y potenciar el mercado interno y de exportación (FCFM, 2021), como lo es la economía circular en torno a la energía solar, baterías de litio y almacenamiento de energía, minería metálica y no metálica, sumado a diversos estudios de investigación aplicadas en las áreas de estudio. Este centro se ubicará en la macro zona Norte del País y las universidades Arturo Prat, Universidad de Antofagasta, Católica del Norte, Universidad de Chile, Universidad de Santiago de Chile, Know Hub Chile, entre otras, presentaron su propuesta para la creación de este centro, la cual cuenta con un presupuesto de USD\$ 21 millones, de donde US\$10 millones provendrán de aportes de Albemarle según su cláusula de I+D y el monto restante está compuesto por aportes del Gobierno, Consejo Regional de Tarapacá y otras empresas privadas. Finalmente, en marzo del año 2021, la corporación del Centro Tecnológico de Economía Circular anuncio el inicio de sus operaciones (Poveda, 2021). El tercer y ultimo proyecto tuvo su convocatoria en febrero del 2020 y se denominó Centro para el Desarrollo de la Electromovilidad en Chile y esta orientado a contribuir a la aceleración de procesos de adopción de la electromovilidad, para así potenciar el mercado de tecnologías que utilizan cobre y litio. La duración de este programa es de 5 años y obtendrá una financiación de hasta US\$7 millones por parte de CORFO con un 20% de cofinanciaicon privado del valor total de la propuesta (CORFO, s.f). Finalmente este proyecto se lo adjudico

el Centro de Aceleración Sostenible de Electromovilidad de la Unviersidad de Chile (CASE) en diciembre del 2020.

En cuanto a las obligaciones financieras de SQM por pertenencias mineras denominadas “Royalty de arriendo por contrato CORFO” se destaca el año 2017 en donde SQM pagó un monto asociado a US\$20.4 millones por termino de conflicto con CORFO. Además, debido a este término de conflicto se observa en el año 2018 un aumento del 640% en términos de royalty respecto al año 2016 (Garcia, 2021) lo que se refleja en la figura 22.

Figura 22 Royalties pagados por SQM en MUSD\$ desde el año 2006-2020



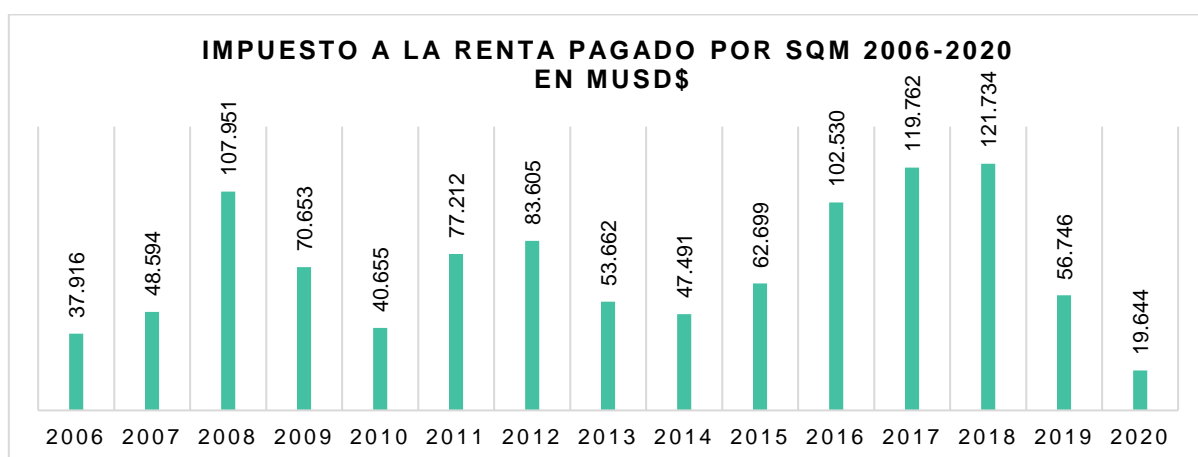
Nota: En el grafico se muestra los pagos anuales asociados a pagos por royalties de SQM pagados a CORFO entre los años 2006-2020. Elaborado con datos de BCN.

Si bien las empresas deben pagar patentes mineras al Estado de Chile desde el inicio de sus operaciones, solo se puede acreditar el pago de SQM de estas desde el año 2010 hasta el año 2020 según sus propias memorias anuales. El monto pagado por SQM entre este periodo de tiempo asciende a US\$ 2.637 millones por el pago de patentes mineras.

A la firma Albemarle se le fijó un aporte por única vez de MMUSD\$2 para el desarrollo de estudios medio ambientales y estratégicos en el Salar de Atacama, además de aportes para Investigación y Desarrollo, financiamiento a centros de desarrollo tecnológico minero-solar y un aporte de 3,5% de las ventas anuales destinadas a las comunidades atacameñas vecinas al proyecto en el Salar de Atacama (García, 2021). Sin embargo, Albemarle se encuentra en una nueva disputa con el Estado de Chile debido a que este último acusa una deuda de USD\$ 15 millones al pagar montos inferiores a las comisiones acordadas en el año 2020, derivando en un arbitraje internacional ante la Cámara de Comercio Internacional para garantizar el cumplimiento de estos acuerdos.

Finalmente, el impuesto a la renta el cual se determina sobre la base del resultado tributario al que se le aplica desde el año 2018 una tasa de 27% con los montos que se muestran en la figura 23.

Figura 23 Montos pagados por SQM por categoría de impuesto a la renta entre 2006-2020 en MUSD\$.



Nota: En la figura se muestran los montos asociados a impuesto a la renta por parte de la empresa SQM entre los años 2006-2020 en MUSD\$ según sus memorias anuales. Elaboración propia con datos de BCN.

Si bien los montos que se esperaban que entregaran como aporte estas empresas asciende a USD\$ 15.000 millones hasta el año 2043, estas empresas han tenido distintas disputas con el Estado chileno debido a incumplimiento de contrato en cuanto a capacidades productivas y al no pago de los montos fijados en los contratos respectivos por lo que no es posible conocer cuál es el monto real que han aportado a la economía nacional. Además, las plantas para producir litio grado batería que tenían plazo hasta diciembre del 2022 para Albemarle con una inversión de US\$300 millones y con una capacidad productiva de 24 millones de toneladas de carbonato de litio y con una capacidad productiva de 50 millones de toneladas para SQM no se han llevado a cabo, con justificaciones por parte de ambas empresas debido a los retrasos que generó la pandemia del COVID-19 en todas las inversiones a lo largo del país y del mundo.

8.13 Participación del Estado en el Proceso de Extracción y Explotación del Litio.

En el año 2014 se creó la Comisión Nacional del Litio, la cual estaba compuesta por agentes del sector público, privado, representantes de los pueblos originarios y por trabajadores. Su finalidad consistía en realizar una evaluación y proponer las bases para una “Corporación Nacional del Litio” de modo que Chile tuviese un empoderamiento de este mineral (Ministerio de Minería, 2014), en conjunto con políticas públicas ad hoc.

Una de las principales conclusiones obtenidas de los estudios desarrollados en esta comisión fue la ausencia del Estado en las actividades relacionadas con la producción del litio dejando en evidencia la inexistente institucionalidad que procure la explotación del litio de manera sostenible y sustentable en el tiempo tanto con las comunidades y con el medio ambiente y, demostrando que desde el 1990 el Estado dejó el rol relevante en la gestión y

fiscalización respecto a los proyectos de explotación de litio en manos de empresas privadas. (Ministerio de Minería, 2014)

Según la Comisión Nacional del Litio:

La gobernanza sustentable e incluida de los salares debe constituir el principio inspirador de la acción coordinada de los organismos públicos competentes para cumplir el rol normativo, regulador y fiscalizador del Estado sobre las actividades productivas que allí se realice, para lo cual se requiere de una institucionalidad pública coordinadora, dotada de recursos y la necesaria especialización técnica y legal en estas materias. (Ministerio de Minería, 2014)

Lo anterior no significa que las empresas privadas no participen dentro del proceso de explotación de este mineral, sino que, el Estado tenga el control sobre los recursos naturales para así obtener los beneficios de este proceso y no solo el royalty del litio que depende del valor de venta de este mineral (Cámara de diputados y diputadas, 2020) generando una relación público-privada que sea beneficioso para todos los participantes.

Dado lo anterior, resulta claro que se debe aplicar una política pública para con este mineral y así obtener un desarrollo eficiente que maximice y agregue valor al litio para aumentar las capacidades productivas del país en base a los recursos naturales finitos de manera que se diseñe, planifique y ejecute una política pública acorde a ello y no se desperdicie otra oportunidad de mejorar la economía nacional como ocurrió con el salitre y la poca innovación existente del cobre (Poveda, 2020).

9. Análisis Estratégico

Para realizar un análisis estratégico de la industria del litio se hará uso de las herramientas ya mencionadas PEST, Cinco Fuerzas de Porter, FODA y Value Net. Este análisis estará enfocado principalmente en la industria nacional para definir la situación actual país y realizar un benchmarking final el cual permita generar diversas propuestas estratégicas que fomenten la industria nacional de litio.

Para el presente análisis se considerará a las firmas participantes como una misma industria/empresa.

Además, se debe considerar que el desarrollo de este trabajo se realiza en periodo de pandemia Covid-19, por lo que existe incertidumbre, crisis económicas, sociales y sanitarias a nivel mundial por sobre lo normal.

9.1 Análisis PEST

El análisis PEST identifica factores del entorno nacional que afectan directamente a la industria del litio, los factores de interés son políticos, económicos, sociales y tecnológicos del País.

9.1.1 Factores Políticos

Chile suele ser visto como uno de los países más sólidos en América Latina para la inversión extranjera debido a la estabilidad del sistema macroeconómico de larga data gracias a instituciones sólidas y a una economía abierta, sumado al potencial de crecimiento del País y la capacidad de explotación de los múltiples recursos naturales que posee. Adicionalmente el sistema jurídico otorga facilidades a los inversionistas y no existe una discriminación contra los inversionistas extranjeros (Export Enterprises SA, 2021).

Chile es reconocido como el país emergente más atractivo para realizar inversión en el sector de Energía y Minería, destacando el potencial del cobre, hidrogeno verde y el litio. Lo mismo ha fortalecido la relación con China, quien es el principal socio comercial de nuestro país, liderando la inversión extranjera directa en Chile en el año 2019 con un alza de 167% respecto al año anterior, con un monto de 4.852 millones de dólares (InvestChile, 2021).

En el año 2014 se crea la Comisión Nacional del Litio por parte de la presidenta de aquel entonces, Michelle Bachelet, con el objetivo principal de proponer una política pública para la explotación y procesamiento del litio obtenido desde los salares mediante un enfoque sustentable de esta industria. Dentro de las propuestas levantadas por esta comisión se encuentra la creación de una empresa estatal que se dedique a la explotación de los salares con un modelo de negocios que permita obtener un mayor valor agregado a los productos obtenidos desde salmueras, principalmente de litio. No obstante, hasta la actualidad no se ha llevado a cabo.

A partir del mismo año comienza una subvención en beneficio de los taxistas para la compra de vehículos eléctricos o híbridos otorgando un monto aproximado de \$6.800.000 (Ministerio de Energía, s.f) con la finalidad de disminuir la contaminación que producen los vehículos de combustibles fósiles, sin embargo, este beneficio excluye a los vehículos particulares.

En cuanto a los impuestos fijados para esta industria, se aplica una tasa escalonada que comienza en un 6,8% pudiendo llegar a un 40% del precio de venta del compuesto para productos con rangos de precios superiores a los 10.000 USD\$/MT. Sin embargo, existe un proyecto de royalty a la minería que afectaría al cobre y al litio en donde se declara que las empresas explotadoras deben pagar una “compensación” a favor del Estado del 3% del valor nominal de los minerales extraídos. Los montos que se recaudarían de la misma serian destinadas a obras en desarrollo hacia las comunidades donde se encuentren los yacimientos

explotadores del mineral para mitigar los distintos efectos ambientales que generan (Cavada, 2021). Lo anterior resulta perjudicial para los posibles inversores de la industria, pues Chile cuenta con una estrategia de reducción de costos y de ver incrementados los pagos asociados a regalías podría llegar a superar el costo de producción de litio en base a minerales de roca siendo menos atractivo, sin embargo, los destinos de esta compensación buscan subsanar los efectos del cambio climático que generan la gran minería.

Chile se encuentra viviendo un proceso Constituyente el cual ha demostrado interés en fijar el destino de los recursos naturales en la nueva constitución, pudiendo modificar la situación actual y futura de los mismos de aprobarse.

En marzo del año 2022 existirá un cambio de gobierno, situación que genera incertidumbre en el escenario mundial, dado que el presidente electo, Gabriel Boric es el mandatario electo más joven en la historia de nuestro país, y cuenta con cercanía en los sectores de izquierda, quienes por lo general mantienen disputas con el sector empresarial.

En cuanto a las condiciones ambientales, Chile ha establecido como meta una reducción de un 30% de las emisiones de gases de efecto invernadero al año 2030 y la carbono neutralidad para el año 2050. Según se consagra en la Estrategia Nacional de Electromovilidad impulsada el 15 de octubre del año 2021, la electromovilidad será responsable del 20% de la reducción de estos gases contaminantes. Si bien esta estrategia fue recientemente promulgada, desde hace 2 años Chile se observa la implementación de esta con la renovación de al menos 200 buses del transporte público, así al primer semestre del año 2021 ya existen con 776 buses eléctricos circulando a lo largo del país, la flota más grande del mundo después de las ciudades de China (Comisión Nacional de Energía, 2021).

9.1.2 Factores Económicos

La pandemia ha repercutido en todos los sectores de manera importante a nivel mundial. Uno de los más perjudicados, junto al sanitario, fue el económico debido a las cuarentenas obligatorias impuestas para reducir la circulación de las personas. Esto generó que la actividad comercial se paralizara casi en su totalidad y, dada la ley de protección al empleo, se generaron masivos despidos derivando en índices de desempleo jamás antes visto en Chile, con un peak en la tasa de desocupación de 13,1% en el trimestre de mayo-junio del año 2020 principalmente enfocada en los rubros de comercio, construcción y agricultura y pesca (INE, 2020) como se observa en la figura 24.

Figura 24 Tasa de desempleo de Chile periodo 2013-2021

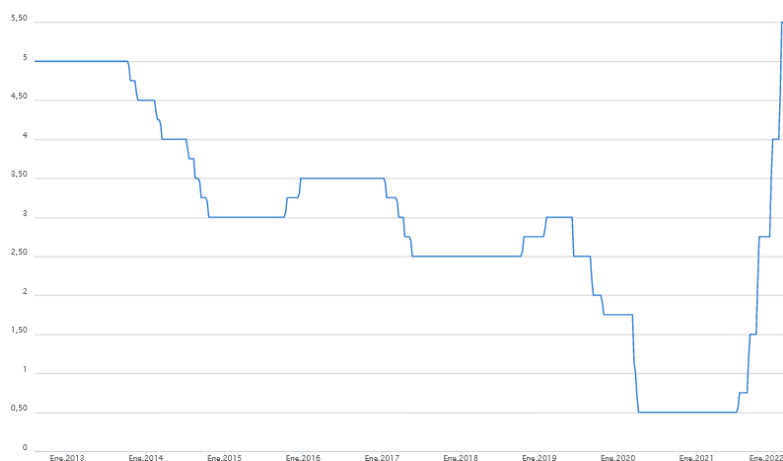


Nota: En la figura anterior se ve reflejada la tasa de desempleo en porcentaje de manera trimestral desde el año 2013-2021. Obtenida del Banco Central de Chile.

El PIB de Chile a septiembre del 2021 asciende a US\$310.074 millones quinto lugar en Latino América, mientras que el PIB per cápita de Chile al año 2020 asciende a US\$13.231,7 encima del promedio de América Latina y el Caribe de 7.244,6 USD (Banco Mundial, s.f.) Dentro de estos valores, la minería participa de manera relevante en la economía nacional, con cerca de un 12,5% del PIB (SERNAGEOMIN , 2021)

La tasa de política monetaria vivió su mínimo técnico de 0,5% el 6 de abril del 2020 y a la fecha del 31 de enero del 2022 se encuentra en un 5,5% como se refleja en la figura 25, esto con la finalidad de regular los niveles inflacionarios que acumulan una variación del IPC de un 7,2% a diciembre del 2021.

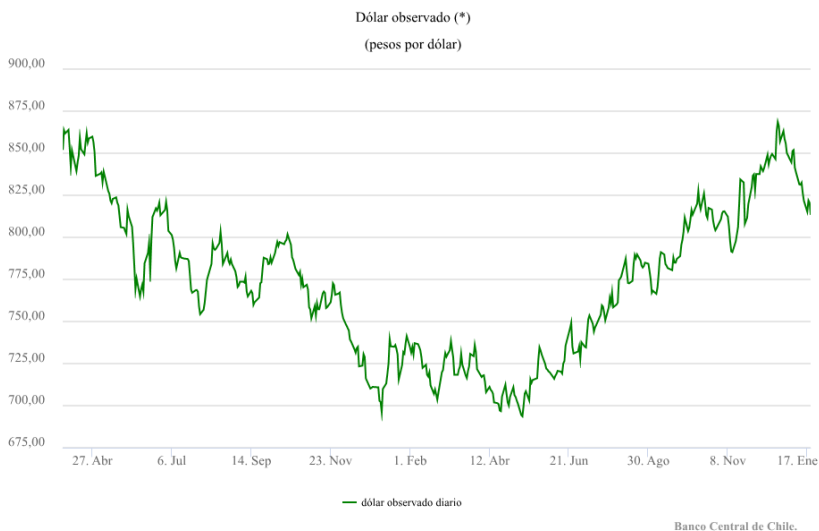
Figura 25. Tasa de Política Monetaria 2013-2022



Nota: En la figura se muestra las variaciones de la TPM en el periodo 2013-2022. Obtenido del Banco Central de Chile.

El dólar ha observado una amplia volatilidad, explicado por los procesos políticos de elecciones presidenciales y constituyentes, además de la situación global generada por la pandemia y los rebotes de Covid-19 llegando a valores de \$860, no obstante, luego de anunciar al futuro ministerio de hacienda, Mario Marcel, reconocido economista y ex presidente del Banco Central de Chile es que se espera un periodo de estabilización del dólar.

Figura 26 dólar observado. Relación peso/dólar.



Nota: En la figura se muestra la variación del dólar en relación con el peso chileno con temporalidad diaria. Obtenido del Banco Central de Chile.

En cuanto a los ingresos que ha entregado SQM por regalías, contratos de arrendamiento y por pago de patentes mineras al año 2020 suman MUS\$ 104.973. Por su parte, Albemarle tiene un aporte único de MMUS\$ 2 para estudios medioambientales y 3,5% de sus ventas anuales son destinadas para las comunidades atacameñas. También debe realizar pagos por concepto de arrendamiento y regalías, sin embargo, no son posibles de acreditar.

En las negociaciones entre CORFO, SQM y Albemarle se estipularon expansiones en sus proyectos los cuales duplicarían su capacidad productiva, pero dada la incertidumbre generada por la pandemia Covid-19 es que estas expansiones se han visto retrasadas. Además, SQM ha reportado cambios formales a la baja en su plan de gasto del año 2020 por USD\$ 330 millones lo que podría afectar de manera directa el desarrollo de proyectos asociados a la industria del litio en el País (Cantalloppts & Gonzalez, 2020).

Finalmente, según cifras del Servicio Nacional de Aduanas, el monto asociado a exportaciones de distintos compuestos de litio al año 2019 fue de US\$931 millones (Fundacion Terram, 2020).

9.1.3 Factores Sociales

Al año 2021, según datos del INE, Chile cuenta con una población total de 19.678.363, con un 87,8% viviendo en zonas urbanizadas y, según el último CENSO 2017, demostró un aumento en el nivel de escolarización en personas mayores de 25 años con un 11,05% de la población (CENSO, s.f.).

Según Compromiso Minero, más de 650.000 de personas trabajan en el rubro de la minería y actividades económicas vinculadas a la minería, entregando casi el 60% de la fuerza laboral en la zona norte del País, lugar donde se desarrolla la actividad (Compromiso Minero, s.f.)

Si bien el desarrollo de la industria del litio es importante para el país, las comunidades cercanas a las zonas de explotación han manifestado su descontento con los procesos extractivos de las firmas presentes en la zona dado los impactos negativos sobre agua, flora y fauna del salar mismo y sectores aledaños. Además, estas colectividades han visto interrumpidas sus actividades minoritarias en el salar por lo que exigen mayor control del Estado, quien solo a partir del año 2018 incluyeron en sus contratos un nivel de fiscalización ambiental y un aporte a estas comunidades como compensación.

La electromovilidad ha repercutido de manera importante a nivel mundial y Chile no está exento de esta situación observando un crecimiento de un 68% en el 2019 respecto al año anterior en el número de vehículos eléctricos e híbridos que circulan en el País. Según datos de Enel, existen alrededor de 900 vehículos eléctricos a lo largo del País, con una proyección optimista de 80 mil vehículos para el año 2030 (Asociación Nacional Automotriz

de Chile, 2019). Esto demuestra la adaptación de la población hacia las energías limpias y el cuidado del medio ambiente.

Se debe considerar la importancia que tiene Chile en cuanto a la cantidad de buses del transporte público eléctricos, con 400 buses al año 2020 (6% de la flota) y con metas del 100% del transporte público al año 2050 según la Estrategia Nacional de Electromovilidad anunciada en agosto del año 2017.

9.1.4 Factores Tecnológicos

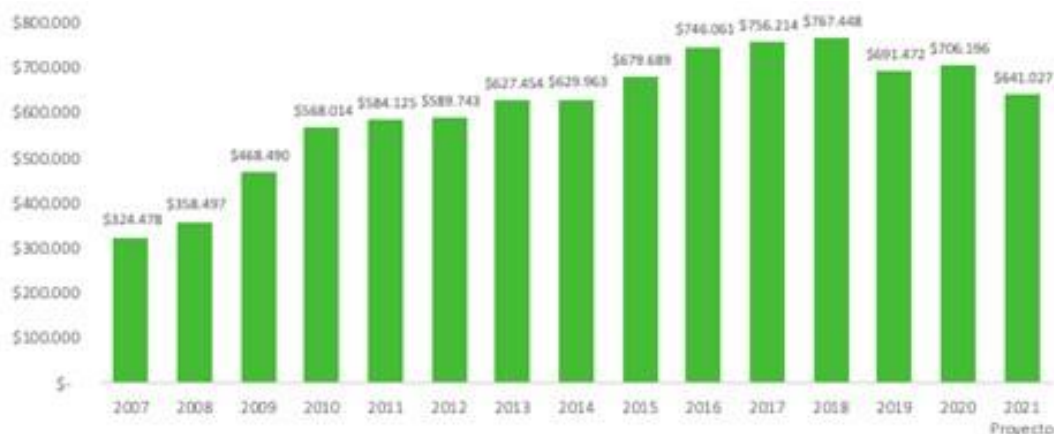
Con la actual pandemia de Covid-19 se generó una modificación en la vida cotidiana de las personas con una transición a lo tecnológico de manera considerable explicado en gran medida por la paralización de la actividad presencial, el aumento del teletrabajo y la compra de bienes mediante delivery. Esto se refleja en la cantidad de dispositivos móviles existentes, con 25.310.000, es decir, existen más dispositivos tecnológicos como Tablet, computadores y Smartphone que población total. Además, la cantidad de personas conectadas a internet es de 15.780.000 con un crecimiento de 6,7% con relación al año 2020 (Kemp, 2021).

Si bien, existe un incremento en el uso de la tecnología disponible, no se ha reflejado en un mayor incentivo a la utilización de recursos en Investigación y Desarrollo para fomentar mejoras tecnológicas. Ejemplo de esto es la disminución de presupuesto en CTI⁵ para el año 2021 de 9,2% en términos comparativos con el año 2020, retrocediendo en casi 7 años (Balbontin & Zahler, 2020) como se refleja en la figura 27. Además, considerando que la inversión realizada por Chile en investigación y desarrollo es cercana al 0,2% del PIB,

⁵ Ciencia, tecnología e innovación.

mientras que el promedio OCDE es de un 0,56% y en países más desarrollados la inversión es de alrededor de 1,2% - 1,4% del PIB (Ministerio de Ciencia, 2021).

Figura 27 Presupuesto público de CTI (millones de pesos)



Nota: En la figura se refleja el presupuesto de CTI desde el año 2007 hasta el año 2021 en millones de pesos. Obtenido de CIPER.

Desde el año 2018 con los nuevos acuerdos entre las empresas controladoras del litio se incluyeron aportes destinados a I+D por lo que durante más de 30 años los recursos obtenidos de la comercialización del litio no tenían un destino para innovar con este mineral, ni mucho menos se le otorgó un valor agregado que incrementara el precio de venta de este.

Si bien se han incrementado los esfuerzos por parte del Estado de potenciar la inversión y desarrollo asociada a la industria del litio en Chile producto de los distintos aportes establecidos en las cláusulas de las negociaciones de contrato con SQM y Albemarle con la formulación de 3 proyectos como el ITL, Centro Tecnológico para la Economía Circular y Centro para el Desarrollo de la Electro movilidad, estos proyectos aún se encuentran en una fase de implementación por lo que aún no se puede evaluar el impacto real de estos.

El 18 de febrero del año 2021 luego de una inversión de USD\$ 8,6 millones inició la fase de construcción al Centro de Investigación del Litio para poder operar en el año 2022

donde se pondría a prueba la Tecnología de Reconocimiento Molecular (MRT), la finalidad es poner a prueba la producción de litio sin extraer o evaporar agua de las salinas generando un impacto mínimo en el medio ambiente, además el uso de esta tecnología permite el aprovechamiento completo del recurso, ya que se extrae el 95% del litio contenido en salmueras, superando el 40% del método actual permitiendo una mejor convivencia con los ecosistemas frágiles de la zona. Esta tecnología permite la reinyección totalmente de la salmuera a los salares con costos operativos competitivos y con un mínimo impacto en el medio ambiente, sin embargo, se aplicaría al Salar de Maricunga y posteriormente en Bolivia, no así en el Salar de Atacama (Cabello, 2021).

9.1.5 Resumen PEST

La economía nacional se ha visto afectada en gran medida por la pandemia por Covid-19, repercutiendo en niveles de desempleo cercanos al 13% en el momento más complejo. Así mismo, las tasas de interés han experimentado variaciones desde el mínimo técnico a máximos cercanos a 5,5% con posibilidad de seguir en aumento.

Además, existe una incertidumbre en cuanto al destino final de los recursos naturales dado el proceso constituyente y el cambio de mando próximo.

La pandemia generó un cambio de comportamiento en gran parte de la población hacia la era tecnológica, debido a la paralización de la actividad presencial, demostrado en la gran cantidad de dispositivos tecnológicos presentes en el país.

En el último tiempo se han creado al menos 3 centros enfocados en investigar y otorgar un valor agregado al litio explotado en Chile con los dineros recaudados de SQM y Albemarle (destinado a I+D), sin embargo, no se pueden evaluar debido a sus etapas tempranas. Además, el rumbo nacional parece ir en sentido contrario dada la disminución presupuestaria de CTI.

9.2 Cinco Fuerzas de Porter

Con la finalidad de conocer la competencia presente en la industria del litio, se realizará una evaluación de las 5 fuerzas más importantes según Porter para determinar el potencial del mercado de litio y hacer frente a la situación actual.

9.2.1 Amenaza de nuevos entrantes

La amenaza de nuevos entrantes limita la rentabilidad potencial de un sector, pues puede generar disminución de precios para desincentivar el ingreso de estos o un aumento en la inversión necesaria, sin embargo, esto dependerá de las barreras de entradas de la industria. En el caso del litio las barreras de entradas más importantes se señalan a continuación:

Políticas Gubernamentales

La mayor barrera de entrada presente en Chile, son las políticas gubernamentales, ya que, como se ha señalado, el litio mantiene condición de ser recurso estratégico del Estado desde el año 1979 por lo que, para explotar este mineral, se requiere de contratos especiales y autorización por parte de la Comisión Chilena de Energía Nuclear y las postulaciones a licitaciones de nuevos competidores han sido rechazadas, generando retrasos en esta industria. Además, solo a partir de 2018 es que se exigieron aportes destinados específicamente a la investigación y desarrollo del litio, demostrando que las dos empresas participantes no tienen intención de otorgar un valor agregado al mineral.

Inversiones de Capital

Como se mencionó la producción de litio desde salmueras sostiene unos Costos de capital bastante elevados (CAPEX) enfocados principalmente en la generación de las piscinas para los procesos evaporíticos de litio. Además, requieren de un proceso en promedio de 7 años para estar en funcionamiento, tiempo considerable para quien desee participar de esta industria.

Know-How

Tanto SQM como Albemarle tienen una amplia experiencia en la explotación de litio en el norte del País, además de la experiencia en relación con los transportes y socios comerciales ubicados principalmente en Asia. Por otro lado, ya cuentan con las cuotas de explotación aprobadas desde hace más de 30 años si se consideran los cambios de razones sociales y adquisiciones que se han realizado a lo largo del tiempo. Además, cuentan con clientes en más de 42 países.

Por lo demás, SQM está realizando negociaciones para poder participar de la explotación del salar de Maricunga en conjunto con CODELCO debido a la amplia experiencia obtenida lo que incrementaría su cuota de participación en Chile.

Ventaja absoluta en costos

Las firmas SQM y Albemarle mantienen la hegemonía en el salar de Atacama, lugar que cuenta con los costos de explotación más bajos dadas las condiciones climáticas y cercanías con puertos, por lo que, de ingresar nuevos agentes debe ser en otros salares con potencial de litio como lo es Maricunga y Pedernales, lugares donde es factible explotar litio, pero con costos mayores y requisitos de tecnología mayor.

9.2.2 Poder de Negociación de los Clientes

Los consumidores de litio se encuentran altamente concentrados en Asia, donde China se adjudica cerca del 38% del consumo de litio chileno, Corea del Sur 30% y Japón 13% principalmente utilizando este mineral para la producción de baterías ion-litio. Así mismo la diferenciación de los compuestos de litio es bastante baja, lo que genera que esta fuerza sea aún más importante debido al alto poder de negociación de los clientes.

9.2.3 Poder de Negociación de los Proveedores

Los principales proveedores involucrados en la producción de salmueras son las empresas distribuidoras y productoras de reactivos, ya que, estos representan un 54% de los costos de la producción de carbonato de litio.

Tal como SQM lo señala en sus memorias anuales, ningún proveedor representa una concentración en forma individual de un 10% de los costos de venta.

Por lo que se considera una fuerza baja.

9.2.4 Amenaza de Productos Sustitutos

En el último tiempo se han realizado diversas investigaciones para generar baterías de iones de sodio, demostrando que estas pueden recargarse de manera exitosa. Si bien el sodio es más económico y abundante que el litio, estas baterías aun no logran generar la autonomía necesaria para ser utilizadas en la industria automotriz, por lo que en el corto plazo no es una amenaza importante, sin embargo, otros tipos de baterías pueden ser sustitutas de las baterías ion-litio, como lo son las de níquel-cadmio, níquel-hidruro metálico y plomo-acido (Vergara, s.f) por mencionar algunas, aunque estas no cuentan con la misma eficiencia, pueden ser utilizadas en vehículos con una menor autonomía.

En el último tiempo ha tomado relevancia el hidrogeno verde, el cual es una alternativa eficiente para el reemplazo de los combustibles fósiles debido a su alta densidad energética, pues puede superar en 120 veces a las baterías de litio, sin embargo, los costos de inversión inicial asociado a las plantas de repostaje de hidrogeno cuestan diez veces más que una estación de carga de vehículos eléctricos y existe una dificultad importante cuando se consideran las formas de realizar la exportación de hidrógeno verde. Pese a ello, debido al rol clave en la transición energética y reducción de energías contaminantes es que diversos países, incluyendo Chile, han generado inversiones para fomentar esta industria con la finalidad de combatir el cambio climático y poder aportar en el cumplimiento de las metas de electrificación siendo una amenaza en el corto y mediano plazo para la industria del litio.

9.2.5 Rivalidad Entre Empresas

La rivalidad presente en la industria del litio es alta, demostrado en las nuevas estrategias que están estableciendo los principales países con reservas y recursos de litio. Así como Argentina está generando alianza con empresas japonesas para incrementar las actividades de exploración y posterior capacidad productiva para posicionarse como líder, Bolivia modificó la limitación de la participación de empresas extranjeras en los recursos evaporíticos para obtener la tecnología necesaria para refinar el litio presente en el salar de Uyuni y Australia busca constantemente incrementar su capacidad productiva proveniente de minas esto con la finalidad de satisfacer la demanda esperada de litio hacia los próximos años.

Además, esta industria se encuentra altamente concentrada en pocas empresas con países de origen bastante claro, como es Australia, China, Estados Unidos y en menor medida Chile y Argentina, estableciendo una competencia de precios limitada en base a “acuerdos paralelos” entre las empresas participantes.

Las fuentes de litio son principalmente dos; rocas y salmueras, en donde cada uno tiene sus propios costos y tecnologías necesarias para realizar la explotación de litio, diferenciándose cada uno en su estrategia incrementando la rivalidad del mercado.

Finalmente, las barreras de salidas son bastantes elevadas considerando las grandes inversiones que se realizan para participar dentro de la industria del litio.

9.2.6 Resumen 5 Fuerzas de Porter

En conclusión, la industria nacional del litio resulta atractiva para que las empresas participantes busquen incrementar sus niveles productivos o se generen diversas estrategias con los socios comerciales presentes en Asia debido a las múltiples barreras de entradas existentes en Chile. De esta forma se aprovecharía el know-how de Albemarle y SQM, además de la trayectoria minera del país.

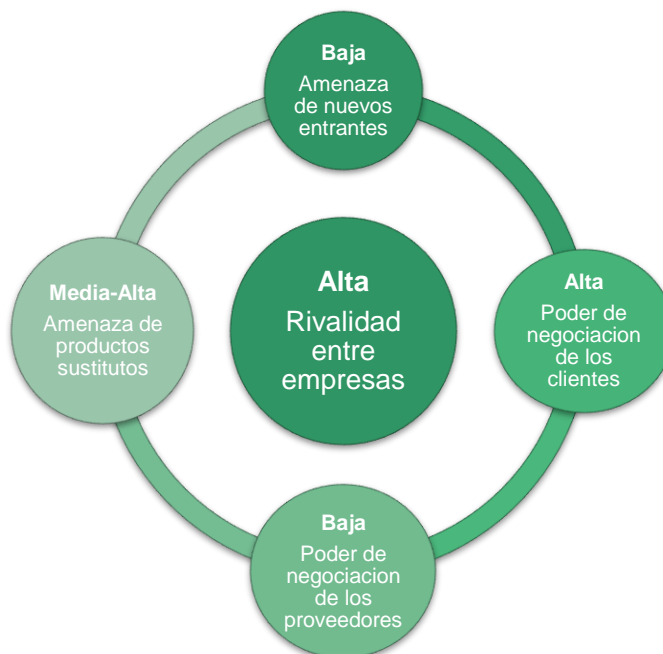
Los clientes son una fuerza alta debido a su concentración, volúmenes y a la poca diferenciación de los compuestos.

Los proveedores son una fuerza relativamente baja debido a que ninguno tiene una gran concentración de participación superior al 10%.

En el último tiempo, y con la intención de satisfacer la demanda de vehículos eléctricos, es que se han desarrollado diversas opciones para el almacenamiento de energías, como lo son distintos tipos de batería e investigación en la utilización del hidrogeno verde, existiendo una gran amenaza para la industria nacional en el mediano y largo plazo.

Finalmente, la rivalidad entre empresas es bastante alta con la finalidad de aprovechar las ventajas del boom de litio y las distintas estrategias que eso conlleva en los países acreedores de este mineral.

Figura 28 Resumen de las Cinco Fuerzas de Porter



Nota: En la figura anterior se resumen las Cinco Fuerzas de Porter luego del análisis desarrollado. Elaboración propia.

9.3 Aplicación Value Net

Para la aplicación de Value Net se debe considerar que la industria del litio en Chile se desarrolla por medio de las empresas SQM y Albemarle comercializando compuestos de litio en grado batería y técnico, principalmente carbonato de litio. Mantienen sus plantas productivas en el Salar de Atacama ubicado en la Región de Antofagasta. Además de estas, Albemarle cuenta con la Planta Química “La Negra” en donde se procesa y se refina este mineral para otorgarle un mayor grado de pureza para la producción y posterior venta.

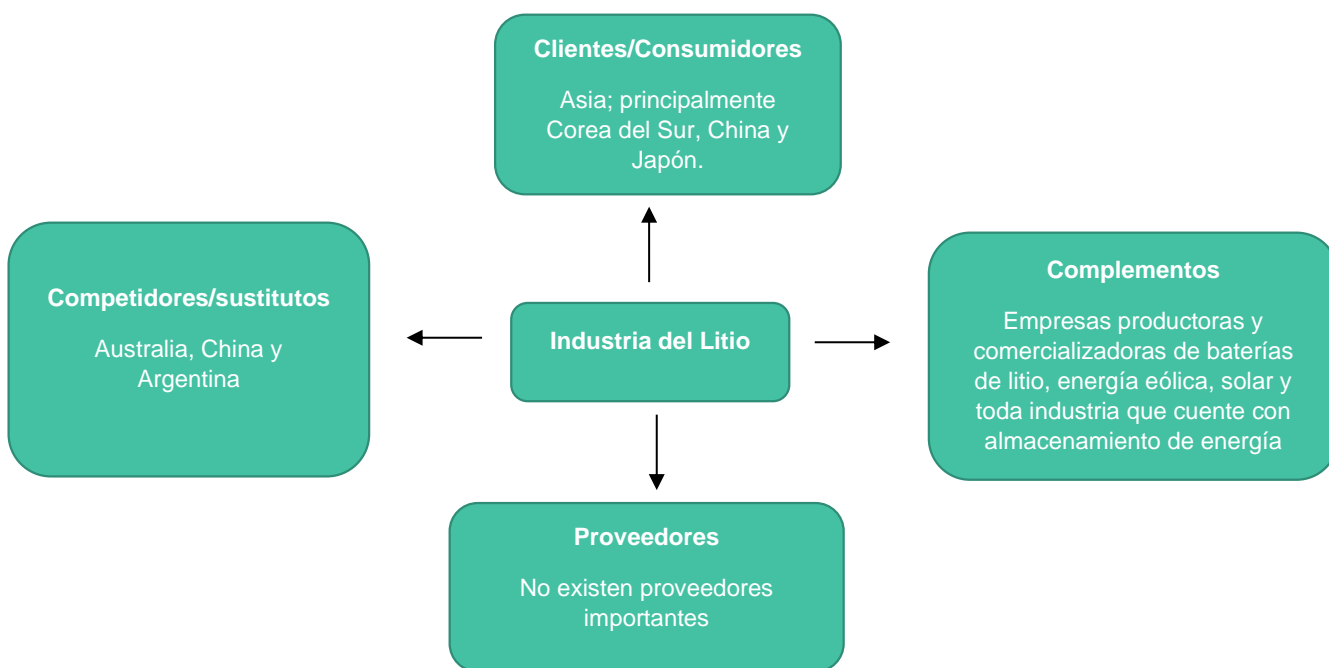
Los principales demandantes de litio se encuentran en Asia, específicamente en Corea del Sur, Japón y China debido a que estos países son los principales productores de baterías ion-litio a nivel mundial. Así mismo, se debe considerar que la tasa de crecimiento

anual para compuestos de litio se espera sea de un 26% destinado principalmente a estas baterías ion-litio.

Los principales productores de compuestos de litio son Australia, Chile, China y Argentina. El primero basa su producción en concentrado de espodumeno que es distribuido posteriormente a China para ser convertido en hidróxido de litio, mientras que Chile y Argentina comercializan carbonato de litio desde salmueras.

En la figura 29 se expone los principales participantes de la industria del litio.

Figura 29 Aplicación de Value Net en la industria del litio



Nota: En la figura anterior se resumen los principales participantes de la industria del litio a nivel mundial.

El segundo paso es la aplicación del método PARTS:

- **Jugadores:** El principal destino de las exportaciones de litio en sus distintos compuestos comercializados es Asia, específicamente Corea del Sur, China,

Japón, seguido por Bélgica y muy por detrás Estados Unidos debido a la producción de baterías de ion-litio de estos países. No obstante, dados los diversos compromisos adquiridos por países importantes hacia una electrificación es esperable que nuevos países cobren importancia en esta industria.

Los principales proveedores son los distribuidores de reactivos para el caso de las salmueras, ya que, estos representan cerca de un 54% del total de producción. Mientras que para el hidróxido de litio sería el concentrado de espodumeno (69%) en el caso de minerales de roca.

Los principales competidores de esta industria son Australia, quien produce concentrado de espodumeno el cual posteriormente es exportado a China para su procesamiento y conversión en hidróxido de litio. Argentina es el segundo gran competidor de Chile basando la extracción de litio desde salmueras para la producción de carbonato de litio.

Cerca del 70% del consumo de litio está destinado para la producción de baterías de ion-litio destacando China, Corea del Sur y Japón como principales productores de estas, siendo el principal complemento en la industria del litio. Siguiendo esta tendencia mundial, cerca del 38% de las exportaciones chilenas de carbonato de litio son destinadas a China, 30% a Corea del Sur y cerca de un 12% a Japón.

- **Valor añadido:** La producción chilena de litio basa su estrategia en costos, no obstante, esto puede resultar insuficiente cuando se evalúa las distintas especificaciones que requieren los clientes dependiendo del uso que se le otorgará al litio. Por lo que un valor añadido esperable dentro de la industria nacional sería el desarrollar distintos grados de pureza en los compuestos de litio según lo solicitado por el cliente para así generar una mayor afinidad y lealtad con los ellos. Si bien se deberá incurrir en un costo adicional para este refinamiento, se puede

agregar un escalafón de procesamiento en la planta química La Negra o, crear una nueva planta de procesamiento en el corto-mediano plazo con los recursos recaudados de los nuevos acuerdos destinados para I+D, ya que, con esto se incurriría en un mayor valor agregado para el mineral y un incremento en su precio de venta.

La forma de otorgar un valor añadido a la industria es el establecimiento de diversas alianzas con empresas de autopartes y capitales extranjeros.

- **Reglas:** La principal regla que afecta al crecimiento de la industria nacional del litio es el Decreto Ley 2.886 donde se reserva el litio para el Estado y solo puede existir la explotación de este mineral mediante sus empresas o CEOL lo que ha repercutido en un retraso en esta industria. Por lo mismo, quien puede realizar las modificaciones es el Estado.
- **Tácticas:** Los países participantes de la industria del litio en el último tiempo han generado diversas alianzas estratégicas, como es el caso de Argentina y Toyota con la finalidad de garantizar el abastecimiento del insumo clave en las baterías de los vehículos eléctricos y Bolivia ha generado lo propio con la participación de la empresa alemana ACISA como socia minoritaria de la explotación de litio. Situación que Chile no puede realizar sin múltiples aprobaciones.
- **Alcance:** El alcance actual tiene relación principalmente con las proyecciones asociadas a la industria automotriz debido al aumento de la electromovilidad, no obstante, ya existe un mercado maduro en relación con cerámicas y vidrios, industria farmacéutica, lubricantes, entre otros por lo que resulta complejo abarcar otros sectores e industrias. Ahora bien, es factible ampliar el mercado a zonas de Europa dada la cantidad de flota de vehículos eléctricos en dicha zona y a América, específicamente Estados Unidos y Canadá.

De lo anterior, se concluye que existe un potencial importante para la industria nacional de litio, generando alianzas entre productor-consumidor para garantizar el insumo clave en la producción de batería ion-litio y se puede ampliar la cartera de clientes mediante la especificación de compuestos y así llegar a Europa e incrementar la participación en Estados Unidos.

Esto no implica una modificación del Decreto Ley 2.886, pues es solo una distribución distinta en el segmento de clientes, sin embargo, si se busca una llegada más amplia se debe incrementar la capacidad productiva nacional, ya sea, mediante licitaciones nuevas o aumentando las cuotas extractivas de las firmas presentes. Así mismo, se debe incrementar la inversión destinada a otorgar valor agregado del mineral mediante la especificación de los compuestos para obtener una mayor fidelidad de los clientes y mayor precio de venta modificando la estrategia de enfoque en costos para la industria local.

9.4 Análisis FODA

Una vez desarrollado el análisis PEST, Cinco Fuerzas de Porter y Value Net se debe considerar la situación de la empresa analizando sus características internas como fortalezas y debilidades, y su situación externa como oportunidades y amenazas para determinar las estrategias que mejor se acomoden a la situación actual de la industria nacional.

9.4.1 Fortalezas

El Salar de Atacama presente en el norte de Chile posee la mayor cantidad y calidad de reservas del mundo dadas las condiciones climáticas, baja concentración de magnesio, alta presencia de potasio que incrementa las ganancias de las empresas explotadoras, además de la ubicación geográfica la cual presenta múltiples cercanías a variados puntos de

embarques. Así mismo estas condiciones favorables permiten los costos de explotación más bajos a nivel mundial, alrededor de US\$/Ton. 2.500-3.000.

Chile ocupa el primer lugar en cantidad de reservas y ocupa el segundo lugar como productor de litio.

Las empresas presentes en Chile tienen una cuota de participación cercana al 21,9% de la producción mundial y una experiencia de más de 30 años en la explotación de litio.

Una de las ventajas asociadas a SQM, es que cuenta con derechos de agua por lo que puede generar un autoabastecimiento de su materia prima para la explotación de litio.

Chile es el líder en el precio de comercialización del carbonato de litio y segundo en la venta del hidróxido de litio después de China.

9.4.2 Debilidades

La principal debilidad de Chile tiene relación con su capacidad legal debido a las múltiples aprobaciones que se requiere para llevar a cabo nuevas licitaciones. Ejemplo de esto, es la anulación de la última licitación ocurrida en el año 2021 por parte de la corte de apelaciones de Copiapó, lo que repercute en una pérdida de confianza desde las empresas que se quieran participar en Chile.

No existen mayores exigencias para otorgar un valor agregado a los productos exportados, comercializando el compuesto en su forma bruta y, aunque el valor unitario de las exportaciones chilenas es el más elevado, esto otorga un monto final de solo un 2% de la industria completa del cobre.

La producción chilena se basa en un 92% en carbonato de litio, compuesto que presenta una menor densidad energética en los vehículos eléctricos e híbridos.

Los costos asociados al transporte de compuestos son elevados debido a la lejanía de los principales consumidores de litio (Asia).

No existe una diferenciación en los productos finales, pues solo se cumple con los porcentajes de purezas fijados por el mercado para su comercialización.

La relación con las comunidades ha sido un impedimento para el desarrollo de distintos proyectos de litio, pues los procesos extractivos tienen un alto impacto en la flora y fauna de la zona.

No existe una institucionalidad apropiada que garantice la sustentabilidad del proceso extractivo.

Desconocimiento de las cantidades reales de litio en territorio nacional.

Estrategia basada en costos.

Bajo presupuesto a nivel nacional para investigación y desarrollo

Chile cuenta con los impuestos específicos de la industria más altos a nivel mundial, llegando al 40% del precio de venta cuando el precio se encuentra sobre US\$/MT 10.0000.

9.4.3 Oportunidades

Chile cuenta con más de 60 salares de los cuales al menos 7 poseen un potencial alto y otros 4 con potencial medio según datos de SERNAGEOMIN los que permitirían recuperar el liderazgo de Chile en esta industria.

Aumento importante en la demanda de litio debido a la creciente industria automotriz y a la importancia de este mineral en las baterías de estos vehículos con un crecimiento aproximado de un 16% anual.

Crecimiento anual de un 26% en promedio para la demanda de compuestos de litio.

Incremento del litio en la industria de almacenamiento de energía eólica.

Interés por distintas empresas privadas en participar en la industria litífera nacional demostrado en la cantidad de firmas postulantes a las licitaciones realizadas.

Facilidades para la inversión extranjera

Además, Chile cuenta con múltiples tratados comerciales los cuales permiten un proceso de comercialización más rápido y con disminución de impuestos.

9.4.4 Amenazas

La explotación de litio en base a salmueras mantiene costos menores a la producción en base a rocas pegmatitas, sin embargo, debido a las nuevas tecnologías que se encuentra implementando Australia, principal productor de concentrado de espodumeno, es que esta brecha está disminuyendo y Chile podría perder aún más cuota de producción mundial. También países como Israel y Francia están desarrollando tecnologías que no dependerían de la condición climática para la obtención de litio.

En el denominado triángulo del litio (Argentina – Bolivia - Chile) hasta hace unos años solo existía la explotación de litio en base a salmueras, sin embargo, debido a las diversas estrategias adoptadas por Argentina es que este país está desarrollando proyectos de producción de litio en base a minerales de roca pudiendo incrementar en más de 370.000 toneladas de litio equivalente. De igual manera, se observa incremento en la capacidad productiva a nivel mundial, a excepción de Chile.

Pese a la importancia del litio, sigue siendo un Commodity que no tiene gran diferenciación en cuanto a compuestos.

Incremento de inversión en hidrogeno verde para acelerar su utilización de manera masiva como reemplazo de a los combustibles fósiles.

Reducción de brecha de precios entre carbonato e hidróxido de litio.

Potencial geológico de nuevos posibles participantes de la industria del litio, como es el caso de Estados Unidos, Canadá, Perú, Brasil y Zimbabue.

Amplia volatilidad del dólar e incertidumbre de la economía nacional y mundial generado por la pandemia Covid-19.

9.4.4 Resumen FODA

	Oportunidades	Amenazas
	<p>Al menos 60 salares a lo largo de Chile</p> <p>Crecimiento de 16% anual de vehiculos electricos</p> <p>Incremento del consumo de litio chileno por parte de EE.UU.</p> <p>Desarrollo de una industria integral de litio en Chile.</p> <p>Incremento de uso de litio en energia eolica</p> <p>Crecimiento de un 26% anual para los compuestos de litio</p> <p>Multiples tratados de libre comercio</p> <p>Facilidad de inversión extranjera directa.</p> <p>Interes por empresas privadas en participar en la industria nacional</p>	<p>Incorporación de tecnologías e innovación de la industria litifera por parte de los principales competidores</p> <p>Aumento de capacidades productivas de los países con pertenencias de litio.</p> <p>Uso de hidrogeno verde como reemplazante de litio.</p> <p>Reducción de brecha de precios entre carbonato e hidróxido.</p> <p>Potencial geologico de nuevos participantes del mercado de litio</p> <p>Volatilidad e incertidumbre de la economía mundial y nacional.</p>
Fortalezas	Estrategias FO.	Estrategias FA.
<p>Existencia del Salar con mayor cantidad y calidad de reservas de litio.</p> <p>Menores costos de producción mundial.</p> <p>Existencia de coproductos que incrementan las ganancias de empresas participantes.</p> <p>Participación de 21,90% en la producción de compuestos de litio obteniendo el segundo lugar a nivel mundial.</p> <p>Experiencia de más de 30 años en la industria minera.</p> <p>Líder en precios de venta de carbonato de litio y segundo en precio de venta de hidróxido de litio</p> <p>Segundo principal productor de hidroxido de litio</p>	<p>Ingreso de nuevas empresas privadas/estatales que aumenten la capacidad productiva nacional.</p> <p>Ampliar el mercado hacia Europa y EE.UU, países que poseen crecimiento exponencial en el uso de vehículos eléctricos y quienes producen baterías de ion-litio.</p>	<p>Realizar compra de patentes o generar inversión destinada a mejorar los procesos extractivos</p> <p>Incrementar producción de hidroxido de litio incorporando nuevas plantas refinadoras de compuestos</p> <p>Aplicar el know how productivo para acelerar las actividades de exploración en los salares que aun no han sido estudiados.</p>
Debilidades	Estrategias DO.	Estrategias DA.
<p>Carácter estrategico del litio</p> <p>Nulo valor agregado del mineral para su venta.</p> <p>Producción basada en carbonato de litio.</p> <p>Conflictos con las comunidades aledañas a las zonas de explotación que mantienen proyectos suspendidos.</p> <p>Ausencia de institucionalidad para la sostenibilidad de la industria de litio</p> <p>Chile presenta los impuestos específicos más altos de la industria litifera a nivel mundial.</p> <p>Desconocimiento de las cantidades reales de reservas de litio en territorio nacional.</p> <p>Estrategia basada netamente en costos.</p> <p>Solo dos empresas participan de la industria litifera</p> <p>Baja transferencia de conocimiento y tecnología</p>	<p>Hacer participe a las comunidades aledañas en las decisiones que tengan un impacto ambiental considerable con la finalidad de minimizar los riesgos de paralizar los proyectos.</p>	<p>Generar contratos de corto plazo con EE.UU a precios favorables destinando un 10% de estos ingresos a investigación y desarrollo.</p> <p>Incrementar las actividades de exploración y explotación para conocer las reservas reales de litio en territorio nacional</p> <p>Aplicación de un cluster del litio para generar transferencia de tecnología y conocimiento que beneficie a las firmas explotadoras y la economía nacional</p>

10. Benchmarking

Si bien los principales actores de la industria del litio en términos productivos son Australia, Argentina, Chile y China para realizar un análisis estratégico eficiente, se tendrán en consideración los países pertenecientes al triangulo del litio como es Argentina, Bolivia y Chile debido a la fuente de sus recursos y cercanía geográfica.

10.1 Argentina

La estructura normativa de Argentina cuenta con un marco regulatorio específico para la actividad litífera basado en tres pilares; la Constitución Nacional donde se establece que las provincias mantienen el dominio originario de los recursos naturales existentes en su territorio, el Código de Minería que regula los derechos, obligaciones y procedimientos referentes a la adquisición, explotación y aprovechamiento de las sustancias mineras y la Ley de Actividad Minera número 24.196 que otorga beneficios tributarios a las empresas mineras. (Gonzalez & Mendez, 2021), además de regular las actividades de prospección, exploración, desarrollo, preparación y extracción de sustancias minerales.

La ley número 24.196 define dos tipos de incentivos a los emprendimientos; estabilidad fiscal y beneficios impositivos, incluyendo el goce por 30 años en que estas empresas no serán afectadas a tributos nuevos que puedan gravar la actividad y, se establece que en aquellas provincias donde se cobre regalías mineras, el valor de las mismas no puede superar el 3% del valor “boca mina” del mineral (Primer producto comercializable restando los costos necesarios para llegar al mismo, excluidos los de extracción) (Gil, et al, 2011). Además, se ofrecen beneficios fiscales como la exención al impuesto de sellos, devolución de impuesto al valor agregado por la adquisición de bienes y servicios destinados a tareas de exploración (Del Castillo et al., 2017), esto con la finalidad de atraer a los distintos inversores para que se establezcan en el país. Aunque si bien existen una gran cantidad de

beneficios tributarios, en el año 2018 se instauró un impuesto válido hasta diciembre del 2020 sobre las exportaciones de litio el cual, dada la situación actual de crisis, existe una creciente posibilidad de que sea extendido.

La estrategia que utiliza Argentina es incluir a productores de autopartes y a diversos grupos de investigación. En línea con esta estrategia se observa la asociación entre Orocobre, Toyota Tsusho Corporation y la empresa pública provincial Jujuy Energía y Minería Sociedad del Estado (JEMSE). De esta alianza se destaca la participación de la empresa japonesa Toyota sobre la empresa Orocobre de un 14,1%, además de manera paralela se aprobó la construcción de una planta de producción de hidróxido de litio en Japón la cual utilizará el carbonato de litio explotado en Argentina (Céspedes & Obaya, 2021). Con esto se espera que la producción generada en Jujuy ascienda a las 30.000 toneladas anuales de LCE al año 2025. De manera similar, esta asociación demuestra la importancia de la complementación de actividades, pues Orocobre será el encargado de la producción de carbonato e hidróxido de litio, mientras que Toyota se encargará de comprar, distribuir y procesar estos compuestos para su posterior comercialización como batería de ion-litio.

Por otro lado, en el Salar de Olaroz, la empresa estadounidense Livent posee una capacidad productiva de 22.500 toneladas de LCE en la provincia de Catamarca, además se encuentra la Minera Exar, empresa argentina conformada por Lithium Américas Corp. y la empresa China Ganfeng Lithium Co. Ltda. quien se adjudicó derechos de explotación para operar sobre el salar de Cauchari-Olaroz en 2012 con una proyección de 40.000 toneladas anuales de carbonato de litio grado batería con una inversión de US\$ 565 millones (Minera Exar, 2020). Por otro lado, la empresa italiana FAAM aporta el know-how productivo y comercial para procesar carbonato de litio, producir baterías y comercializarlas en otros mercados.

En línea con su estrategia, Argentina cuenta con más de 19 proyectos mineros para explotación del litio en distintos grados de avance (Gonzalez & Mendez, 2021) como se observa en la tabla 13. Así, si se considera solo las expansiones, Argentina podría introducir alrededor de 45.000 toneladas de LCE en el corto y mediano plazo y, se podrían sumar otras 40 mil toneladas solo con la puesta en marcha de Cauchari – Olaroz. Finalmente, en el mediano y largo plazo de concretarse los distintos proyectos en curso, Argentina podría sumar alrededor de 373,5 mil toneladas de LCE permitiendo posicionarse entre los primeros lugares en cuanto a capacidad productiva.

Tabla 13 *Proyectos en proceso asociado a la industria del litio en Argentina.*

PROYECTO MINERO	CONTROLANTE	UBICACIÓN	ESTADO ACTUAL	Capacidad prevista (Tn/año LCE)	Inversión (mill. US\$)
Mina Fenix	Livent Corporation	Catamarca	Producción	20.000	300
Salar de Olaroz	Orocobre Toyota Tsusho JEMSE	Jujuy	Producción	25.000	285
Cauchari-Olaroz	Jiangxi Ganfeng Lithium Co., Ltd. Lithium Americas Corp JEMSE	Jujuy	Construcción	40.000	565
Centenario-Ratones	Eramet	Salta	Factibilidad	24.000	595
Pastos Grandes	Millennial Lithium Corp.	Salta	Factibilidad	24.000	448
Sal de Vida	Galaxy Resources Ltd	Catamarca	Factibilidad	25.000	474
Salar del Rincón	Rincon Ltd	Salta	Factibilidad	25.000	599
Cauchari	Orocobre Limited Pty Ltd.	Jujuy	Prefactibilidad	25.000	446
Kachi	Lake Resources	Catamarca	Prefactibilidad	25.500	544
Tres Quebradas	Neo Lithium Ltd.	Catamarca	Prefactibilidad	20.000	319
Mariana	Jiangxi Ganfeng Lithium Co., Ltd. 82,75% International Lithium Corp. 17,25%	Salta	Evaluación económica preliminar	10.000	243
PPG	PLUS PETROL	Salta	Evaluación económica preliminar	25.000	338
Sal de Los Ángeles	Tibet Summit	Salta	Evaluación económica preliminar	25.000	144
Salar del Hombre Muerto Norte	NRG Metals Inc.	Salta	Evaluación económica preliminar	5.000	93
Salar del Rincón - Argosy	Argosy Minerals	Salta	Evaluación económica preliminar	10.000	141
Hombre Muerto Oeste	Galan Lithium Limited	Catamarca	Evaluación económica preliminar	20.000	439
Candelas	Galan Lithium Limited	Catamarca	Exploración avanzada	-	-
Sal de Oro	Posco	Salta	Exploración avanzada	25.000	500
Pular	Pepinnini Lithium Limited	Salta	Exploración avanzada	-	-
Rincón	Pepinnini Lithium Limited	Salta	Exploración avanzada	-	-
Río Grande	PLUS PETROL	Salta	Exploración avanzada	-	-
Gallego	Everlight Resources	Salta	Exploración avanzada	-	-
Salinas Grandes	PLUS PETROL	Jujuy	Exploración avanzada	-	-
				373.500	6.473

Nota: En la figura se muestra los principales proyectos asociados a la industria del litio en Argentina, especificando empresa, ubicación, estado, capacidad productiva en LCE e inversión. Obtenido del Ministerio de Desarrollo Productivo de la Nación de Argentina.

10.2 Bolivia

El eje promotor de la industria del litio se basa en actores públicos, el Poder ejecutivo, la empresa YLB y el Banco Central de Bolivia, quienes son los encargados de manejar la exploración y operación del litio.

En el año 2010 se promulgó la Estrategia de Industrialización de los Recursos Evaporíticos, la cual busca el control estatal de los recursos naturales para capturar la mayor cantidad de renta por parte del Estado. Esta estrategia consta de tres fases: explotación de carbonato de litio, industrialización y la comercialización.

La primera fase de esta estrategia se enfoca en la investigación y en el desarrollo tecnológico para la posterior explotación del salar, además de la implementación de una planta piloto de carbonato de litio y otra semi industrial de cloruro de potasio con un financiamiento 100% estatal. La segunda fase tiene su eje principal en la construcción de plantas industriales para la producción de carbonato de litio con una capacidad de 30.000 toneladas anuales de LCE. Mientras que la tercera fase está enfocada en la comercialización y producción de baterías ion-litio, para ello se realizó la compra de la Planta Piloto de Baterías de Litio a la empresa china LinYi Dake Co. Ltd. Y la compra de la Planta Piloto de Materiales Catódico a la firma francesa ECM Green Tech. Además, se creó el centro de Investigación, Desarrollo y Pilotaje encargado de supervisar y coordinar los proyectos referidos a baterías de litio, cátodos, electrolitos de litio y otros productos avanzados de litio. (León, et al., 2020)

Debido a las limitaciones de recursos y tecnología debió existir una modificación en el año 2017 asociada a la participación de empresas extranjeras en donde se creó el Ministerio de Energías para entablar negociaciones con empresas extranjeras y el Estado Boliviano. En línea con esto, se crea la empresa pública boliviana Yacimientos del Litio Boliviano (YLB) la cual hizo un llamado a licitar buscando un socio estratégico para la transformación de litio, donde postularon 8 empresas, pero solo 2 de ellas cumplían con las condiciones mínimas impuestas por el Estado, Uranium One Group de origen ruso y la alemana ACISA, siendo esta última quien formaría parte de la asociación YLB – ACISA con una duración estipulada de 70 años (Gonzalez & Mendez, 2021)

La elección de ACISA se debió netamente a sus vínculos con los institutos de la Fraunhofer-Gesellschaft, ya que, esta empresa no cuenta con la tecnología necesaria para la producción de baterías. Por lo que para poder satisfacer este requisito se genera una alianza estratégica en el año 2019 con la empresa china Xinjiang TBEA Group. (León, et al., 2020)

Si bien Bolivia cuenta con cantidades considerables de recursos de litio, la concentración de magnesio presente en el Salar de Uyuni dificulta su explotación lo que eleva el costo de producir carbonato e hidróxido de litio, superando incluso la producción en base a rocas pegmatitas (Ströbele-Gregor, 2013). Sin embargo, debido a las inversiones en tecnología que se están realizando en la zona es de esperar que estos costos sufran un proceso de estabilización y genere que los precios de venta disminuyan siendo altamente competitivo dentro de la industria del litio.

Estas alianzas establecidas podrían generar una producción de 15.000 toneladas anuales de carbonato de litio y 30.000 toneladas anuales de hidróxido de litio a partir del procesamiento de las salmueras residuales y un sinnúmero de empleos para las comunidades indígenas cercanas a la zona.

Gran parte de la producción de hidróxido de litio sería destinada a Europa, en donde la sociedad YLB-ACISA tiene exclusividad (León, et al., 2020).

Según distintas estimaciones se espera que la producción de litio en Bolivia podría alcanzar para 250.000 vehículos eléctricos e híbridos anualmente, donde son considerados los propios del país comercializados por la empresa Quantum (Cespedes & Obaya, 2021)

Si bien, estos proyectos tienen una amplia aprobación debido al impacto positivo en la economía local, existen críticas a la poca transparencia en el desarrollo de estos, demoras en los plazos previstos en la Estrategia y la concentración de actores estatales radicados en La Paz puesto que el Salar principal se encuentra en Potosí.

Según la Ley de Minería y Metalurgia 535, las regalías para recursos evaporíticos se fijan en un 3% y, según la distribución fijada en el artículo 229, el 85% corresponde al Gobierno autónomo departamental productor (descontando un 10% para actividades de prospección y exploración minera a cargo de SERNAGEOMIN) (León, et al., 2020)

Finalmente, se debe destacar que Bolivia solo cuenta con plantas en etapa piloto, sin embargo, en el mediano plazo de ser eficiente las tecnologías que se están desarrollando para la explotación de litio podría repercutir en un liderazgo explosivo en niveles productivos debido a sus más de 21 millones de recursos presentes en el Salar de Uyuni.

11. Resumen

Una vez realizada la recopilación de todos los antecedentes y evaluada la situación actual de la industria del litio a nivel internacional con especial énfasis en Chile se desarrolla el siguiente cuadro detallando los principales países participantes de la industria, así mismo sus principales compuestos producidos y exportados, sus costos de producción y precios

promedio de venta. Además, se presentan los principales impuestos aplicados en dichos países de manera general y particular en la industria litífera.

Pais	Principal fuente de litio	Cantidad de recursos al año 2021 (Millones de Toneladas)	Cantidad de reservas al año 2021 (Millones de Toneladas)	Principal compuesto producido	Produccion al año 2020 (Toneladas de LCE)	Porcentaje de participacion segun produccion	Relacion produccion / reservas al año 2020	Costo de produccion promedio del Carbonato de litio	Costo de produccion de hidroxido de litio	Precio de comercializacion promedio al año 2018	Participación en las exportaciones de carbonato de litio al año 2018	Participación en las exportaciones de hidroxido de litio al año 2018	Operaciones activas en la producción de concentrado de espodumeno y compuestos de litio	Capacidad productiva de proyectos en desarrollo (Toneladas de LCE)	Impuesto a la renta	Impuestos	Empresas participantes segun su pais de origen	Concesionario
Argentina	Salmueras	19.3	1.9	Carbonato de litio (100%)	32.979	8%	32%	4.365 USD/Ton.	-	8.300 - 8.800 USD/Ton (Carbonato de litio)	16%	-	2 con capacidad productiva de 40.000 toneladas de LCE.	293.000	25%	3% sobre el valor en boca de mina del producto despues de la deduccion de costos de produccion declarados por la empresa	Livent (EE.UU) Orocobre (Australia) Toyota Tashiro Corp (Japon) Jujuy Energia y Minería SE (Argentina)	Si
Australia	Mineral de roca	6.4	4.7	Concentrado de espodumeno (100%)	212.766	49%	85%	-	4.800 USD/Ton.	2.500 - 3.000 USD/Ton. (Concentrado de espodumeno)	-	-	7 con capacidad productiva de 330.600 toneladas de LCE.	45.000	30%	2%-8% de las utilidades	Tinaqui Lithium (China) Albemarle (EE.UU) Mineral Resources (Australia) - Pilbara (Australia)	Si
Bolivia	Salmueras	21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	45.000	25%	3%	ACI Systems (Alemana) - YLB (Bolivia)	No	
Chile	Salmueras	9.6	9.2	Carbonato de litio (92%) - Hidroxido de litio (8%)	95.745	22%	20%	2.500-3.000 USD/Ton.	4.000 USD/Ton.	13.625 USD/Ton. (Carbonato de litio) - 16.700 USD/Ton. (Hidroxido de litio)	59%	12%	2 con capacidad productiva de 114.000 toneladas de LCE.	192.500	27%	6,8% - 40% del precio de venta	Albemarle (EE.UU) - SQM (Chile) - Tinaqui Lithium Corp (China)	No
China	Mineral de roca	5.1	1.5	Hidroxido de litio (71%) - Carbonato de litio (29%)	74.468	17%	93%	7.000 USD/Ton.	6.500 USD/Ton.	14.300 USD/ton. (Hidroxido de litio) - 14.800 USD/Ton. (Carbonato de litio)	10%	50%	4 con una capacidad productiva de 20.000 LCE (solo existen datos de produccion de dos operaciones)	-	-	-	Yichun Tantalum (China) - Qinghai Salt Lake Industry Co (China) - Western Mining Group (China) - Western Mining Group (China)	No

Concluyendo lo siguiente:

- ✓ El país que ha experimentado un mayor crecimiento de recursos de litio es Bolivia, no obstante, debido a la calidad del litio presente en el Salar de Uyuni aun no es factible realizar producción de compuestos de litio, sin embargo, de manera reciente se permitió el ingreso de empresas extranjeras con el compromiso de crear material de cátodo y celdas de baterías con una producción de 15.000 toneladas de LCE y 30.000 toneladas de hidróxido de litio lo cual permitiría montar una fábrica de baterías de litio de aproximadamente 10 GWh. pudiendo abastecer a 250.000 vehículos eléctricos anualmente. No obstante, la falta de experiencia de las empresas participantes del proceso y la crisis generada por el coronavirus arrojan dudas respecto a cuándo podría ser efectivo este acuerdo.
- ✓ China es el país que mantiene la mejor relación reservas/producción con un 93% demostrando la eficiencia de su estrategia enfocada en refinar concentrado de espodumeno y dejar de lado las actividades exploratorias. Así mismo, este país ha

buscado mantener participación a lo largo de la cadena productiva de las baterías ion-litio, con participación en los países productores de litio hasta la generación de la propia batería con la finalidad de garantizar el abastecimiento total de este proceso productivo.

- ✓ La capacidad productiva de Argentina supera a Chile, sin embargo, en términos de producción y exportación de compuestos no han logrado aprovechar esta ventaja encontrándose en el cuarto lugar productivo.
- ✓ Chile cuenta con ventajas comparativas absoluta en relación con los costos de explotación. Así mismo los precios de exportación son entre 4,4 – 5,6 veces el valor del concentrado de espodumeno proveniente desde Australia y 1,54 veces más elevados que el valor comercializado por Argentina.
- ✓ Pese a las ventajas de Chile en cuanto a costos, cantidad de reservas, calidad del mineral, precio de venta y capacidad productiva no mantiene una participación de mercado acorde, dejando en evidencia la cantidad de falencias que existen en la industria nacional, pero también el gran potencial que existe.
- ✓ La industria del litio se encuentra fuertemente concentrada en empresas provenientes de 5 países, Estados Unidos con una participación de un 32%, seguido de Australia (32%), China (25%), Chile (10%) y Japón (1%).
- ✓ Argentina es el país que cuenta con una mayor cantidad de proyectos en desarrollo (en sus distintas etapas) y con ello, podría incorporar una capacidad productiva de 373.000 toneladas de LCE en el mediano plazo a la industria del litio pudiendo aventajar a Chile en el liderazgo productivo debido a su modificación de estrategia.

12. Estrategias de mejora para la industria del litio en Chile en base a matriz FODA

Como quedó demostrado, Chile lidera en costos productivos. No obstante, si solo se continua con el enfoque de costos, nuestro país quedará expuesto a múltiples falencias. Ejemplo de esto es la incorporación de nuevas tecnologías por parte de Bolivia para la producción de litio a partir del Salar de Uyuni, las distintas actividades de exploración, explotación y alianzas estratégicas que está utilizando Argentina con los productores de baterías ion – litio y el aumento de participación de países que hasta ahora no tenían mayor relevancia en esta industria como es el caso de EE.UU, Canadá, Brasil y México. Por ello es que se deben generar nuevas estrategias que mantengan a Chile entre los primeros lugares productivos y por qué no, recuperar el liderazgo productivo mediante una explotación eficiente aprovechando las ventajas comparativas.

Para ello se formularán diversas estrategias y propuestas obtenidas desde la matriz FODA, en donde se consideraron aquellas factibles de realizar. Estas pueden ser desarrolladas en conjunto o por separadas considerando los distintos horizontes de tiempo que conllevaría su implementación.

12.1 Actualización de la cantidad de recursos y reservas

En la actualidad no se conoce el real potencial de los más de 60 salares presentes en el país dado que no se han registrado nuevas actividades exploratorias desconociendo el real potencial de Chile en la industria del litio, pues se debe tener en consideración que cada salar es único dadas sus condiciones específicas de concentración, capacidad de evaporación y los compuestos presentes en él, por lo que estas actividades deben determinar la cantidad y calidad de tecnología a utilizar llevar a cabo la explotación del mineral. Estas actividades se

deben realizar de manera paralela, ya que, se estima que el apogeo del litio tenga una duración de 30, para llevar a cabo un proyecto desde salmueras puede tomar hasta 7 años.

Quien realice estas actividades de exploración debe ser el Estado, ya sea, mediante el propietario de gran parte de las concesiones mineras de la zona, CODELCO u otra filial (de no generar una empresa especializada en la industria del litio), para evitar que existan sobre estimaciones por parte de empresas privadas con la finalidad de adjudicarse mayores cuotas de explotación.

Además, los desarrollos de estas actividades de exploración deben estar acompañadas de estudios detallados sobre la composición en cuanto a su comportamiento hidrodinámico, como, por ejemplo, el tiempo de recarga de salmuera y así determinar que partes de los salares forman parte de las comunidades aledañas que se ven afectadas por el proceso del bombeo de la salmuera.

12.2 Mantener el carácter de no concesionable del litio.

En concordancia con las conclusiones obtenidas desde la Comisión Nacional del litio, se observa que el litio es el mineral en boga dado su uso en dispositivos de almacenamiento de energías y baterías de vehículos eléctricos e híbridos.

Dada esta importancia del mineral, se debe modificar la justificación del carácter estratégico para evitar las autorizaciones de la Comisión Chilena de Energía Nuclear, pues ya se tiene el conocimiento de que el litio no tiene mayor relevancia en la energía nuclear hasta al menos el año 2100. Además, los salares deben ser incluidos en el carácter estratégico dado su comportamiento hidrodinámico y la extracción desde un punto tiene una repercusión en el resto del salar.

Debido a que hoy Chile no cuenta con la tecnología necesaria para realizar la explotación de litio por parte de una empresa nacional, se debe continuar con el modelo impositivo para así garantizar que las ganancias del mineral se adquieran durante todo el proceso extractivo y no solamente como una transacción de compra de suelo. Si bien, es cierto que esto no es un incentivo para que ingresen nuevos agentes al mercado, al menos en el corto plazo es la mejor opción para obtener ingresos de la industria del litio. Ejemplo de esto, son los montos establecidos entre SQM, Albemarle y el Estado, los cuales de cumplirse otorgarían cerca de US\$ 19. 835 millones de dólares en ganancias netas a la economía nacional, sin embargo, para se debe incorporar una fiscalización oportuna y se deben aplicar sanciones a quienes no cumplan con el pago de estos tributos evitando que exista evasión de ellos.

12.3 Empresa estatal del litio.

Con el marco normativo vigente, se puede realizar la explotación de litio mediante empresas del Estado, firmas privadas que cuenten con autorización por parte de la CCHEN o empresas que se adjudicaron concesiones previas a decretar el litio como un recurso estratégico.

Si se tiene en consideración que las firmas actuales no tienen un incentivo a otorgarle un valor agregado o generar innovación con el litio dado que deberían recurrir a mayores pagos de impuestos debido al tributo escalonado dependiendo del precio de venta, se propone crear una empresa de propiedad estatal que se dedique exclusivamente a la especialización de litio, evaluando la factibilidad de especificación de los compuestos de litio y generando monitoreo de los mercados internacionales para estar a la vanguardia en cuanto a las acciones que se apliquen en la industria de baterías secundarias y los dispositivos de

almacenamiento de energía, mercados que son los que experimentan constantes modificaciones y requerimientos específicos de los consumidores de litio.

De no generar una nueva empresa, se debe exigir una aceleración del ingreso a la industria litífera por parte de CODELCO, ya que, es quien cuenta con pertenencias en los salares de Maricunga y Pedernales.

12.4 Clúster de la industria del litio.

Dado el potencial del principal reemplazante de litio como es el hidrogeno verde, se requiere de la participación de todos los agentes que sean necesarios para acelerar el desarrollo de esta industria. Por lo anterior se propone la creación de un sistema de innovación circular entre las firmas participantes, SQM y Albemarle, centros de investigación que se están levantando por los aportes obligatorios de las mismas y universidades de modo tal que determinen la modalidad de incrementar la producción de hidróxido de litio, compuesto que sostiene una mayor proyección dada su eficiencia superior al carbonato de litio en la utilización de baterías ion – litio, de manera de lograr que sea más competitiva en el corto plazo. Esto no repercutiría en una modificación del presupuesto de las empresas destinado a investigación y se generaría un aumento en los valores de las exportaciones chilenas, lo cual resultaría beneficioso para todos los participantes de dicha industria.

12.5 Mejoras de los procesos extractivos

En el campo de explotación de litio desde minerales de silicato se ha desarrollado un proceso denominado Sileach, que evitaría el tostado del mineral lo que permitiría utilizar menos energía y se obtendría litio en alrededor de 4 horas (Lopez, et al., 2019). Este proceso tendría un costo inferior a US\$/ton 3.000 siendo altamente competitivo con el Salar de Atacama en términos de costos.

Estados Unidos está desarrollando una tecnología capaz de extraer carbonato de litio de máxima pureza a partir de depósitos hidrotermales mediante osmosis inversa. Neometals desarrolló ELI, que convierte el concentrado de espodumeno en una solución de cloruro de litio de alta pureza. La empresa canadiense Nemaska Lithium ha desarrollado un proceso para producir hidróxido de litio a partir de electrolisis que bordea los costos de US\$/ton 2.811 (Lopez, et al., 2019)

De modo similar existen tecnologías en etapa de prueba y otras más desarrolladas para la obtención de litio desde salares que buscan no depender de la evaporación de la salmuera, de manera que se reduzca el tiempo de obtención de litio de 24 meses a semanas o incluso días. Este es el caso de la empresa israelí Tenova, quien en base a un solvente logra en solo un día la obtención de cloruro de litio con una pureza superior a un 99,9% sin dependencia del clima (Tenova , 2022). También la empresa francesa Eramet se encuentra trabajando en el método Direct Extraction Process donde se utiliza un sólido activo para la extracción y concentración de litio, de manera que sirva como esponja para capturar el litio desde la salmuera. Posteriormente, se utiliza agua dulce para liberar el litio almacenado de modo que sea más concentrado aun y finalmente por procesos de nano filtración y osmosis inversa se obtiene carbonato de litio con una pureza de 90% en su primera etapa de purificación (ERAMET, 2022).

Lo anterior refleja la innovación de empresas en países con potencial de litio en minerales de roca para producir litio de una manera más rápida y con costos más eficientes que los actuales. Así mismo, ocurre en empresas que están generando innovación en los salares para obtener compuestos de litio de alta pureza en tiempos inferiores a los procesos tradicionales, por lo que, las empresas participantes en Chile deben decidir si realizar la inversión necesaria para la adquisición de patentes de los métodos anteriores, generar alianzas con las firmas que están generando la innovación de estos métodos o simplemente

desarrollar un método propio para mejorar la eficiencia de sus procesos, ya sea, reduciendo la cantidad de salmuera extraída, evaluar una manera que no sea dañina para el ecosistema de reincorporación de salmuera al salar una vez extraído el litio o de qué forma se puede acelerar el proceso de obtención de litio, reduciendo su tiempo de 18 meses para completar la obtención de litio.

12.6 Desarrollo integral de la industria del litio

La industria asociada al litio no solo son las actividades de exploración, explotación y comercialización de compuestos y productos elaborados del mismo, esta también incluye productos, servicios e incentivos que utilizan este mineral, como por ejemplo el uso de las baterías ion-litio en la energía solar fotovoltaica, incrementar la cantidad de estaciones de carga de vehículos eléctricos e híbridos a lo largo del país, incorporar subsidios en el proceso de compra de estos mismo automóviles o incorporar beneficios impositivos en los pagos de permiso de circulación.

El desierto de Atacama cuenta con alrededor de 80% de sus días soleados y despejados lo que funciona a favor de la energía fotovoltaica y la instalación de paneles solares, los cuales pueden utilizar baterías ion – litio para el almacenamiento de energía y así poder abastecer a comunidades cercanas de luz eléctrica generada por energía solar.

En relación con la infraestructura relacionadas con los vehículos eléctricos, es necesario incrementar la cantidad de estaciones de servicio de carga, pues solo existen 215 a lo largo de todo el país, distribuidas principalmente en la Región Metropolitana con 131 de ellas, seguida de 21 en la Región de Valparaíso, 14 en la región de Biobío, 8 en Coquimbo y de ahí en mas no se cuenta con más de 5 en las 12 Regiones restante, lo que genera un desincentivo para la adquisición de este tipo de automóviles, pues si se considera que el rendimiento promedio de un automóvil eléctrico oscila entre los 160 y 400 Km dependiendo

del modelo y la distancia. Además, si se requiere instalar un sistema de carga en el domicilio se requiere un empalme nuevo de la distribuidora de energía respectiva para incrementar la capacidad energética.

Finalmente, en Chile solo se cuenta con un subsidio desde el año 2014 para la adquisición de vehículos taxis eléctricos e híbridos de \$6.800.000 aproximadamente con la intención de incrementar su adquisición y su uso. No obstante, es un beneficio exclusivo de los taxis y los vehículos particulares no cuentan con ningún beneficio en cuanto a subsidio o incluso beneficios impositivos como pago de exención de pago de patente, entre otros.

13. Conclusiones

Chile es el país que tiene la mayor cantidad de reservas con alrededor de 9.2 millones de toneladas, es decir, el 43,81% del total mundial. Así mismo, en el norte de nuestro país se encuentra el salar de Atacama el cual cuenta con las mejores condiciones climáticas y concentración de magnesio/litio lo que permite que nuestro País mantenga los costos de explotación más bajos a nivel mundial bordeando los US\$/Ton. 2.500-3000 sin considerar impuestos, además en el proceso de explotación de litio desde las salmueras se extraen coproductos de litio que incrementan los ingresos de las firmas participantes.

Si bien, solo existen dos empresas que cuentan con operaciones activas en Chile, estas han logrado producir 95.745 toneladas de LCE, según USGS, al año 2020, siendo el segundo productor del mundo, detrás de Australia. No obstante, su relación de producción sobre reservas es el más bajo en relación con los 4 países principales de la industria del litio, siendo solo de un 20%, demostrando la ineficiencia nacional en el mercado del litio, sin embargo también demuestra una oportunidad de crecimiento considerando el potencial de los más de 60 salares. Lamentablemente si se continua con el carácter estratégico resulta

complejo generar una mayor capacidad productiva, incluso generar actividades de exploración que permitan mejorar la situación actual de Chile.

Dada las modificaciones contractuales que se generaron con las firmas SQM y Albemarle, el Estado debería recibir en el año 2030 un monto aproximado de US\$1.355 destinando US\$31 millones para investigación y desarrollo los cuales han sido destinados principalmente para la construcción del Instituto de tecnologías limpias (ITL), el Centro Tecnológico para la Economía Circular y el Centro para el Desarrollo de la Electromovilidad.

Dentro de los principales desafíos futuros que tiene Chile, se encuentra la capacidad de innovación del país, exigencias productivas y diferenciación de productos. Además de considerar la falta de investigación de los distintos salares del país. También existen múltiples desarrollos en tecnología para mejorar el proceso extractivo de litio de una manera más eficiente y los costos se están acercando a los existentes en Chile viendo amenaza su ventaja comparativa. Otro desafío importante son las barreras de entrada que son elevadas para la participación de firmas dentro de la industria, como el marco regulatorio existente, el Know how de SQM y Albemarle, elevado CAPEX necesario y elevado tiempo para llevar a cabo estas operaciones. Sin obviar el escenario político que está cruzando Chile como es el cambio de gobierno y la existencia de la convención constitucional que puede determinar el destino de los recursos naturales.

Finalmente, dado el incremento de demanda de litio asociada al almacenamiento de energía y la industria automotriz relacionada con los vehículos eléctricos e híbridos, Chile debe decidir si quiere continuar con la exportación del Commodity o quiere promover el desarrollo tecnológico y productivo local para incorporar valor agregado al litio.

Bibliografía

- Asociación Nacional Automotriz de Chile. (Noviembre de 2019). *Enel*. Obtenido de <https://www.enelx.com/cl/es/historias/autos-electricos-el-futuro-de-la-electromovilidad-en-chile>
- Balbontín, R., Roeschmann, J.A. y Andrés Zahler, (2020). “*Ciencia, Tecnología e Innovación en Chile: Un análisis presupuestario*” (con Rodrigo Balbontín y Juan Andrés Roeschmann). Serie Estudios DIPRES 54. http://www.dipres.gob.cl/598/articulos-171080_doc_pdf.pdf
- Banco Mundial. (s.f.). *datos.bancomundial.org*. Obtenido de <https://datos.bancomundial.org/indicador/NY.GDP.PCAP.CD?locations=CL>
- Bancolombia. (16 de Agosto de 2018). *Bancolombia*. Recuperado el 19 de Julio de 2021, de <https://www.grupobancolombia.com/wps/portal/negocios/actualizate/sostenibilidad/beneficios-valor-compartido>
- Baquero, M. & Herrera, R., (2018). *Las 5 fuerzas de Porter*. Universidad de Chile.
- Bloomberg. (21 de Noviembre de 2018). *Albemarle apuesta por proyecto de litio en Australia tras suspender su expansión en Chile*. *El Mostrador*. Obtenido de <https://www.elmostrador.cl/mercados/2018/11/21/albemarle-apuesta-por-proyecto-de-litio-en-australia-tras-suspender-su-expansion-en-chile/>
- Cabello, M. (5 de Abril de 2021). *Primer Centro de Investigación del Litio en Chile inicia etapa de construcción*. Reporte Minero. Obtenido de <https://www.reporteminero.cl/noticia/noticias/2021/04/centro-investigacion-litio-chile-construccion>
- Cantallopts, A. J. & Gonzalez, E.A. (2021). *El mercado de litio; Desarrollo reciente y proyecciones al 2030*. Dirección de Estudios y Políticas Públicas.
- Cantallopts, J., Donoso, F. y Garay, V. (2018). Mercado internacional de litio y su potencial en Chile. Comisión Chilena del Cobre. Dirección de políticas públicas.
- Camara de diputadas y diputados. (05 de marzo de 2020). *Comisión de minería aprobó royalty al cobre y al litio*. Recuperado el 14 de diciembre de 2020, de https://www.camara.cl/prensa/sala_de_prensa_detalle.aspx?prmId=139789
- Castello, A., & Kloster, M. (2015). *Industrialización del litio y agregado de valor local*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina: CIECTI.
- Castillo, N., Pizarro, C. & OLCA. (2019) *Marco Normativo del litio chileno*.
- Cavada, J.P.H. (2020). *Impuesto específico a la minería, como parte del impuesto a la renta*. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, Santiago.
- Chapman, A. (2004). *Análisis DOFA y análisis PEST*. Accesible en: <http://www.degerencia.com/articulos.php>
- CENSO. (s.f.). *resultados.censo2017.cl*. Obtenido de <http://resultados.censo2017.cl/>
- Céspedes, M. y Obaya, M. (2021) “*Análisis de las redes globales de producción de baterías de ion de litio: implicaciones para los países del triángulo del litio*”, Documentos de

- Proyectos (LC/TS.2021/58), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- COCHILCO. (2021). *Exportaciones Chilenas Valorizadas por país de destino 2005-2020*. Estadísticas de Minería no metálica.
- CODELCO. (2012). *Memoria Anual*.
- Comisión Nacional de Energía. (6 de Abril de 2021). *Gobierno presenta nuevo acuerdo para impulsar la electro movilidad*. CNE. Obtenido de <https://www.cne.cl/prensa/prensa-2021/04-abril-2021/gobierno-presenta-nuevo-acuerdo-para-impulsar-la-electromovilidad/>
- Compromiso Minero. (s.f.). compromisominero.cl. Obtenido de <https://compromisominero.cl/personas/>
- Consejo Minero. (2013). *Minería 2020: Competitividad y Desarrollo*.
- Contreras, D.A. (2015). *Prospección de mercado para la industria chilena del litio y desarrollo de estrategia enfocada en los mercados con mayores proyecciones de crecimiento del sector para Chile*. Universidad Técnica Federico Santa María.
- CORFO. (2020). CORFO. Obtenido de https://www.corfo.cl/sites/cpp/convocatorias/instituto_de_tecnologias_limpias_fase_rf_p
- CORFO. (22 de Febrero de 2021). CORFO. Obtenido de https://www.corfo.cl/sites/cpp/sala_de_prensa/nacional/22_02_2021_litio_albemarle;jsessionid=oTzJ4UV0tlnFd71W9__z9_vRyKzEYZ0kb1vLfEq4qhAg0mr-ktM8!-1424792943!-1264454436
- CORFO. (14 de Enero de 2022). *Licitación del litio*. Ministerio de Minería. Obtenido de <https://www.minmineria.cl/litio/>
- CORFO. (s.f). Centro para el desarrollo de la Electromovilidad en Chile. CORFO.CL. Obtenido de https://www.corfo.cl/sites/cpp/convocatorias/centro_para_el_desarrollo_de_la_electromovilidad
- Dalmau, J., & Vicente, O. (1997). *Análisis estratégico de sectores industriales*. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia (España).
- Dirección General de Aguas. (2016). *Aprovechamiento de aguas en cuenca del Salar de Atacama*. Ministerio de Obras Públicas.
- Dirección General de Desarrollo Minero. (2018). *Perfil del Mercado del Litio*. Secretaría de Economía .
- ERAMET. (23 de Febrero de 2022). *Eramine: A world-class lithium production project*. ERAMET.COM. Obtenido de <https://www.eramet.com/en/eramine-world-class-lithium-production-project>

- Export Empresas SA. (Diciembre de 2021). *Chile: Inversión extranjera*. Santander Trade. Obtenido de <https://santandertrade.com/es/portal/establecerse-extranjero/chile/inversion-extranjera>
- Facada, M. (15 de Enero de 2018). *Industrial Minerals*. Obtenido de <https://www.metalbulletin.com/Article/3780751/New-China-lithium-priceswill-help-track-growing-volatile-market.html>
- FCFM. (2021). Centro de Economía Circular. Centro de Energía. Obtenido de <http://centroenergia.cl/seleccionados/centro-de-economia-circular-para-la-macro-zona-norte/>
- Fernandez, F. J. (2019). *Litio y desarrollo en América del Sur. Un análisis comparativo de las políticas de Chile, Bolivia y Argentina*. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires.
- Fornillo, B., Gamba, M & Zícarí, J. (2019). *El mercado mundial del litio y el eje asiático. Dinámicas comerciales, industriales y tecnológicas (2001-2017)*. Polis (Santiago), 18(52), 186-203.
- Fundacion Terram. (27 de Agosto de 2020). *Chile produce casi el 30% del litio del mundo y en los proximos años valor de exportaciones estaría al nivel del sector vitivinicola*. Fundacion Terram. Obtenido de <https://www.terram.cl/2020/08/chile-produce-casi-el-30-del-litio-del-mundo-y-en-los-proximos-anos-valor-de-exportaciones-estaria-al-nivel-de-sector-vitivinicola/>
- Gajardo, A. C. (2014). *Potencial de Litio en Salares del Norte de Chile*. SERNAGEOMIN.
- Ganfeng. (2018). *Application Proof*.
- Garces, I.M. (2018). *La industria del litio en Chile*. Universidad de Antofagasta. Departamento de Ingeniería Química
- Gil, F.B., Quinteros, M.E., Rodríguez, P.B., Villegas, M.C. (2011). *Régimen impositivo de la actividad minera en la Argentina*. Universidad Nacional de Cuyo. Facultad de Ciencias Económicas.
- Gonzalez, M.J. & Mendez, S. (2021). *Informe de litio - Octubre 2021*. Ministerio de Desarrollo Productivo de la Nación. Secretaría de Minería de la Nación. Informe especial de litio.
- Gutierrez, D. G. (2010). *Análisis técnico-económico de la minería no metálica en Chile y futuras proyecciones*. Universidad Técnica Federico Santa María.
- Huang, J. (06 de Noviembre de 2020). *Una comparación de NMC / NCA de iones de litio y la batería LFP*. POWORKS. Obtenido de <https://poworks.com/es/una-comparacion-de-nmc-nca-de-iones-de-litio-y-la-bateria-lfp>
- INE. (28 de Agosto de 2020). *Empleo trimestral*. Boletín estadístico(262).
- InvestChile. (2021). *Análisis de las cifras de Inversión Extranjera Directa en Chile 2020*. Santiago: InvestChile.
- Jacque, C. G. (2014). *Análisis de la Industria del Litio*. Universidad Técnica Federico Santa María, Santiago.

- Kazimierski, M. (2018). *Energy storage towards the imminent renewable paradigm: the role of ion-lithium batteries and South American perspectives*. Letras Verdes, Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales, (23), 108-132.
- Kemp, S. (11 de Febrero de 2021). *Digital 2021: Chile*. datareportal.com. Obtenido de <https://datareportal.com/reports/digital-2021-chile>
- Lagos, C. (2009). *"Antecedentes para una Política Pública en Minerales Estratégicos: Litio"*. Comisión Chilena del Cobre. www.cochilco.cl/productos/pdf/2009/informe_minerales_estrategicos_litio.pdf
- Lagos G. (2012), "El Desarrollo del Litio en Chile: 1984-2012", Programa de Investigación en Economía de Minerales, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago.
- López A., Obaya M., Pascuini P., Ramos A. (2019), "Litio en la Argentina. Oportunidades y desafíos para el desarrollo de la cadena de valor", Buenos Aires, Banco Interamericano de Desarrollo (BID).
- Lendel, V. (2007). *The Value Net*. Journal of Information, Control and Management Systems, 5(2).
- M. León, C. Muñoz y J. Sánchez (eds.) (2020). "La gobernanza del litio y el cobre en los países andinos", Documentos de Proyectos (LC/TS.2020/124), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)
- Michaux, S., & Cadiat, A. C. (2016). *Las cinco fuerzas de Porter: Cómo distanciarse de la competencia con éxito*. 50Minutos. es.
- Minera Exar. (2020). Minera Exar. Obtenido de <https://www.mineraexar.com.ar/>
- Minería Chilena. (12 de Febrero de 2018). *El litio en Chile y el mundo: Proyecciones hacia 2025*. Minería Chilena. Recuperado el 15 de Julio de 2021, de <https://www.mch.cl/reportajes/litio-chile-mundo-proyecciones-hacia-2025/#>
- Minería Chilena. (24 de Agosto de 2019). *La industrialización del litio: Los casos de Argentina y Chile*. Minería Chilena. Obtenido de <https://www.mch.cl/reportajes/la-industrializacion-del-litio-los-casos-de-argentina-y-chile/#>
- Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación. (24 de Junio de 2021). *MinCiencia lanza portal que reúne datos del sistema de ciencia, tecnología, conocimiento e innovación en Chile*. minciencia.gob.cl. Obtenido de <https://www.minciencia.gob.cl/noticias/minciencia-lanza-portal-que-reune-datos-del-sistema-de-ciencia-tecnologia-conocimiento-e-innovacion-en-chile/>
- Ministerio de Energía. (s.f). Plataforma de Electromovilidad. energia.gob.cl. Recuperado el 02 de enero del 2022 de <https://energia.gob.cl/electromovilidad/estado-y-electromovilidad> .
- Ministerio de Minería . (14 de Noviembre de 1979). *Decreto Ley 2886*. Diario Oficial de la República de Chile.
- Ministerio de Minería. (2015). *Litio: Una fuente de energía. Una oportunidad para Chile*. Comisión Nacional de Litio. Informe Final.

- Ministerio de Minería. (12 de Octubre de 2021). Ministerio de Minería. Obtenido de <https://www.minmineria.cl/chile-lanza-convocatoria-nacional-e-internacional-para-potenciar-la-produccion-de-litio-y-atraer-nuevos-operadores/>
- Mundo Marítimo. (31 de Mayo de 2019). *Participación de Chile en la producción global de litio pasa de 36% a 20% en cuatro años*. Cámara Aduanera. Obtenido de <https://cadch.cl/participacion-de-chile-en-la-produccion-global-de-litio-pasa-de-36-a-20-en-cuatro-anos/>
- Nacif, F. (2018). *El abc del litio sudamericano: apuntes para un análisis socio-técnico*. Revista de ciencias sociales, 10(34), 49-67. Disponible en RIDAA-UNQ Repositorio Institucional Digital de Acceso Abierto de la Universidad Nacional de Quilmes <http://ridaa.unq.edu.ar/handle/20.500.11807/1735>
- Nalebuff, A. M. (2011). *Co.opetition*.
- OLCA, OCMAL y Resumen . (26 de Enero de 2021). Resumen. *Maricunga: Ecosistema amenazado por la explotación del litio*. obtenido de <https://resumen.cl/articulos/maricunga-ecosistema-amenazado-por-la-explotacion-del-litio>
- Palma, F. (19 de Junio de 2018). Prensa U. de Chile. Recuperado el 19 de Julio de 2021, de <https://www.uchile.cl/noticias/144401/gonzalo-gutierrez-es-un-momento-de-decisiones-respecto-del-litio>
- Pérez, J., & Polis, G. (2011). *Modelo de competitividad de las cinco fuerzas de Porter*. Consultado en https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/54488638/MODELO_DE_COMPETITIVIDAD_DE_LAS_CINCO_FUERZAS_DE_PORTER_-_8.pdf.
- Porta, A. A., Miguel, R. E., & Díaz, F. J. (2020). *El litio, un recurso de valor estratégico para la región*.
- Poveda. B. R. (2020), "Estudio de caso sobre la gobernanza del litio en Chile", serie Recursos Naturales y Desarrollo, N° 195 (LC/TS.2020/40), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Poveda B. R. (2021). "Políticas públicas para la innovación y la agregación de valor del litio en Chile". Santiago: Comisión Económica para América Latina y el Caribe.
- Ramírez Rojas, J. L. (2017). *Procedimiento para la elaboración de un análisis FODA como una herramienta de planeación estratégica en las empresas*.
- Rueter, G. (14 de Diciembre de 2018). *Europa: Cambiar combustibles fósiles por energía limpia es posible*. DW. Obtenido de <https://www.dw.com/es/europa-cambiar-combustibles-f%C3%B3siles-por-energ%C3%ADa-limpia-es-posible/a-46751146>
- Salathiel Andres Gonzalez Eyzaguirre, J. C. (2020). *Producción y consumo de litio hacia 2030*. Santiago.
- Schwarz, S. y Perez, V.P., (2013). *Mercado internacional del Litio*. Comisión Chilena del Cobre. Dirección de estudios

- Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN), 2017. *Anuario de la Minería de Chile*. Servicio Nacional de Geología y Minería, 274 p. Santiago.
- Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN), 2021. *Anuario de la Minería de Chile 2020. Servicio Nacional de Geología y Minería*, 271 p. Santiago
- SERNAGEOMIN. (s.f). Portal Geo- SERNAGEOMIN. Obtenido de https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjYr7H6ibnyAhV1IbkGHSlyBHEQFnoECAIQAQ&url=https%3A%2F%2Fportalgeo.sernageomin.cl%2FSalares%2FSALAR_DE_PEDERNALES%2FFICHA_TECNICA_COMPILADA_SALAR_DE_PERDERNALES.pdf&usg=AOvVaw3wA3tsEb
- SQM. (2020). *Medio Ambiente*. SQM.COM. Obtenido de https://www.sqm.com/medio-ambiente/#emisiones__tab
- S&P (2021) *Global Market Intelligence*.
- Ströbele-Gregor, J. (Abril de 2013). *Proyecto estatal del litio en Bolivia. Expectativas, desafíos y dilemas*. nuso.org. Obtenido de <https://nuso.org/articulo/el-proyecto-estatal-del-litio-en-bolivia-expectativas-desafios-y-dilemas/>
- Talancon, H. P. (2007). *La matriz foda: alternativa de diagnóstico y determinación de estrategias de intervención en diversas organizaciones*. Enseñanza e Investigación en Psicología. doi:<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=29212108>
- Tenova . (23 de Febrero de 2022). Tenova.com. Obtenido de <https://www.tenova.com/product/lithium-processing/>
- Terrazas, P. (2018). *Regulación y mercado del litio*. Ministerio de Minería .
- U.S. Geological Survey, 2021, *Mineral commodity summaries 2014*. U.S. Geological Survey, 200 p., <https://doi.org/10.3133/mcs2014>.
- 2015 *Mineral commodity summaries 2015*.
- 2016 *Mineral commodity summaries 2016*.
- 2017 *Mineral commodity summaries 2017*.
- 2018 *Mineral commodity summaries 2018*.
- 2019 *Mineral commodity summaries 2019*.
- 2020 *Mineral commodity summaries 2020*.
- 2021 *Mineral commodity summaries 2021*.
- Valenzuela, A. (31 de Julio de 2006). *El litio, medio siglo de aplicación clínica*. El mundo . Obtenido de <https://www.elmundo.es/elmundosalud/2006/07/28/neurociencia/1154105273.html>
- Vergara, M. (s.f). *Tecnología de Baterías*. Universidad tecnica federico Santa Maria.
- Zhengming John Zhang, P. R. (2014). *Lithium-Ion Batteries*. doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-444-59513-3.00018-2>

Zuñiga, F. A. (2010). *Análisis estratégico de la industria chilena del litio frente a desafíos futuros*. Valparaíso.