

¿Cómo maximizar la recaudación del Fisco con la Estrategia Nacional del Litio?

Gustavo Lagos*, Marcos Singer* y Francisco Olivares⁺

Agosto 2023

Contenido

Resumen ejecutivo.....	2
1. Introducción	3
2. Curva de Laffer	5
3. Modelo de costos	7
4. Estimaciones.....	13
4.1. Curva de Laffer para impuesto ad valorem.....	14
4.2. Curva de Laffer para participación societaria	16
5. Conclusiones.....	19
Referencias.....	21

* Profesor Titular de la Pontificia Universidad Católica de Chile.

⁺ Economista titulado de la Pontificia Universidad Católica de Chile.

Resumen ejecutivo

Uno de los objetivos de la Estrategia Nacional del Litio anunciada por el presidente Gabriel Boric es aumentar la recaudación fiscal para financiar inversiones sociales y productivas, lo cual se puede realizar mediante un impuesto ad valorem o con la participación societaria en los proyectos. Un aspecto a considerar al diseñar este sistema impositivo es la denominada curva de Laffer, la cual describe que, si bien un mayor impuesto implica mayor recaudación por cada proyecto, la carga tributaria hace que se realicen menos proyectos.

Calculamos la recaudación óptima para los salares chilenos de acuerdo con una estimación de costos, tanto de operación como de capital, a partir de la información disponible de distintos salares en el mundo. Nuestro análisis sugiere que la tasa de impuesto ad valorem óptima para los nuevos proyectos es del 11,33%, inferior al 26,86% efectivo que se cobra actualmente en los contratos del Salar de Atacama. Con esta tasa óptima, 29 salares operarían generando una recaudación total de US\$ 645 millones al año. En el caso que se imponga una tasa diferente para cada proyecto, este monto aumenta a US\$ 778 millones.

Si consideramos el mecanismo de participación en los proyectos, nuestro análisis sugiere que el Estado debe poseer el 17% de participación en los proyectos para maximizar la recaudación, alcanzando un valor de US\$ 667 millones. Esta cifra aumenta a US\$ 778 millones si el gobierno opta por una participación diferente en cada proyecto. En el caso que se desee implementar ambos mecanismos de forma simultánea, la recaudación no se incrementa en relación con lo que ya se obtiene con cada sistema por separado.

La Estrategia Nacional del Litio será exitosa en tanto permita mantener a Chile en su posición mundial en la producción del mineral después del 2030. Este trabajo demuestra que, de persistir un requerimiento por parte del Estado de obtener mayoría societaria en las asociaciones que realice para explotar el litio, es probable que muy pocos negocios se concreten en los próximos años. Es decir, que pierda el liderazgo mundial, no obstante disponer de las mayores reservas de litio del mundo.

1. Introducción

El jueves 20 de abril de 2023 el presidente Gabriel Boric anunció al país la Estrategia Nacional del Litio (ENL), que tiene como fin posicionar a Chile como el principal productor de litio en el mundo, resguardando el medioambiente y el bienestar de las comunidades colindantes a los salares y lagunas saladas (Gobierno de Chile, 2023a). El aspecto más destacado de la ENL es la importante participación del Estado en toda la cadena de valor del litio, lo cual tiene como uno de sus objetivos maximizar la recaudación del fisco, permitiendo así financiar inversiones sociales, tecnológicas y productivas (Gobierno de Chile, 2023b).

El mecanismo básico de recaudación es el impuesto a la renta que tributan las personas naturales y empresas en Chile, pero también se puede utilizar una tasa de royalty sobre las ventas o sobre las utilidades de las corporaciones mineras. Actualmente, las empresas del Salar de Atacama están afectas al impuesto a la renta y a una tasa de arrendamiento sobre las ventas similar a un royalty, la cual es progresiva según el precio de los productos elaborados a partir de litio, como carbonato de litio e hidróxido de litio, con una tasa entre 6,8% y 40%.

Una segunda alternativa para el Estado, que estuvo en aplicación hasta principios de 1990¹, es recaudar mediante la participación en la propiedad de las empresas productivas. De hecho, la participación de Corfo en la producción de litio a partir de 1980 fue minoritaria en las dos sociedades formadas para la explotación del Salar de Atacama. La participación societaria también puede buscar el control de las operaciones si es que tiene, por ejemplo, una mayoría de la propiedad de una compañía.

La ENL anunciada en abril del 2023 declara que las empresas que explotarán litio en los salares en Chile deben pertenecer mayoritariamente al Estado (más del 50% de la propiedad), respetando los contratos que el Estado ha firmado hasta ese momento. Este

¹ Hay que recordar que Corfo tenía participación a partir de la década de 80 en la Sociedad Chilena del Litio y posteriormente en la década de los 90 en la Sociedad Minera Salar de Atacama. Ambas participaciones fueron vendidas por Corfo a las empresas que producían litio en el Salar de Atacama.

trabajo supone, así como lo ha considerado el mercado, que el Estado no realizará aportes de capital para las inversiones requeridas para la construcción y operación de las faenas que exploten litio. En otras palabras, el Estado tendría mayoría en la propiedad de las empresas del litio a partir de aportar únicamente las pertenencias mineras a los proyectos.

Con posterioridad al anuncio de la ENL por parte del presidente Gabriel Boric, hubo varias intervenciones de diversas autoridades entregando mayores detalles respecto a la participación del Estado en la propiedad de las empresas productoras de litio, pero hasta la fecha de esta publicación no ha sido dilucidado en forma definitiva si la condición de mayoría del Estado en la propiedad de las empresas se extiende a algunos o a todos los salares.

Este trabajo intenta responder varias preguntas en relación a la ENL. Primero, ¿Cuál es el límite superior de participación societaria del Estado que hace económicamente viable la explotación del litio en cada salar? Segundo, ¿Cuál es la tasa de royalty óptima para la explotación del litio en cada salar? Ambas preguntas resultan relevantes porque la ENL no hace mención al régimen tributario que tendrían las potenciales asociaciones público-privadas (Gobierno de Chile, 2023a; Gobierno de Chile, 2023b).

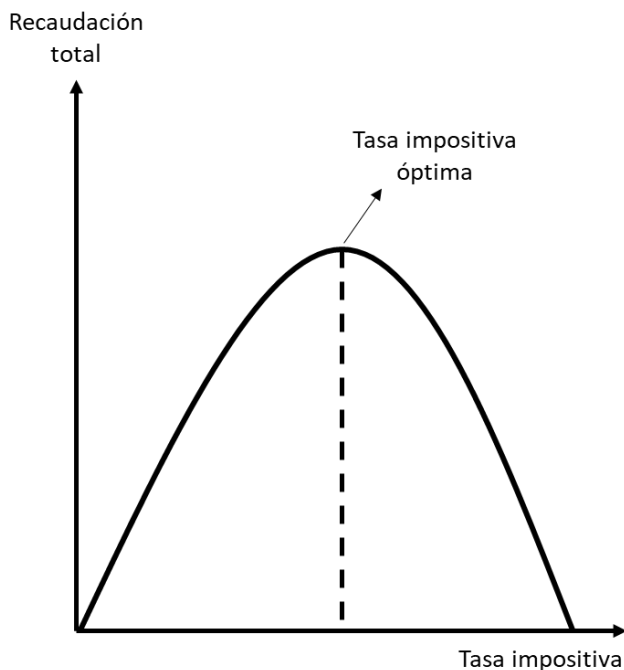
Nuestro estudio consiste en determinar los mecanismos de tributación y/o participación que maximizan la recaudación fiscal. Para ello identificamos las variables de las cuales dependen los ingresos fiscales, analizamos las diferencias que existen entre la recaudación por royalty y por participación societaria, y discutimos el óptimo para una combinación entre participación societaria y aplicación de un royalty.

El trabajo se organiza de la siguiente manera. En la sección 2 se expone la importancia de considerar el concepto económico de la curva de Laffer. En la sección 3 se desarrolla un modelo para estimar los costos de producción de los potenciales proyectos a ser explotados por la ENL. En la sección 4 se analiza la recaudación que se obtiene con cada uno de los mecanismos de recaudación. La sección 5 contiene las conclusiones.

2. Curva de Laffer

Imponer una tasa impositiva más alta no implica necesariamente una mayor recaudación fiscal, pues los impuestos encarecen los precios y costos de los agentes, desincentivando el consumo y la inversión, y por ende reducen la base de recaudación. Es decir, si bien un aumento de la tasa impositiva implica que el fisco obtiene más ingresos por cada unidad que se venda o produzca, también provoca que disminuyan los ingresos porque se venden o producen menos unidades. La implicancia de esta disparidad de efectos en la recaudación de los gobiernos se denomina en la literatura económica como la curva de Laffer, la cual concluye que existe una tasa impositiva preferible u óptima que permite obtener la recaudación fiscal más alta posible. El modelo matemático que busca e identifica la máxima recaudación tributaria, o tasa óptima, se denomina proceso de maximización. En la Figura 1 se ejemplifica la relación entre tasa impositiva y recaudación que propone la curva de Laffer.

Figura 1. Efecto de la tasa impositiva en recaudación total del gobierno.



Fuente: Elaboración propia.

En nuestro contexto, una mayor tasa de impuesto ad valorem², como un royalty a la venta, o una participación societaria pasiva³ implica un mayor costo de los productos de litio elaborados en el país, como por ejemplo el carbonato de litio. Por el lado de la demanda, supondremos que ésta determina el precio indiferentemente del régimen impositivo que se imponga en el país. Nuestro supuesto descansa en las estimaciones que, al menos hasta 2030, existirá un exceso de demanda de los productos de litio impulsado por la electromovilidad (McKinsey & Company, 2023) y el aumento de la competencia en el mercado mundial del litio (Bloomberg Línea, 2023). Por lo anterior, la curva de Laffer que proponemos se sustentará por el lado de la oferta, específicamente por dos mecanismos:

- 1) Costos de producción: A diferencia de un impuesto a las utilidades, un impuesto a la venta, como es la tasa de arrendamiento que se cobra en el Salar de Atacama, incrementa el costo de producción del litio. Para que una operación minera sea viable es un requisito necesario, en el largo plazo, que el costo de producción por tonelada de carbonato de litio equivalente (LCE por sus siglas en inglés) sea menor a su precio de venta, por lo que un incremento de la tasa impositiva puede generar una disminución en la producción del mineral. Al observar los costos actuales de la producción de litio a través de salmuera y la estimación del precio de largo plazo del mineral (Jones, Acuña y Rodríguez, 2021), estimamos que esta restricción no estará activa por lo menos en el mediano plazo.

Nuestro estudio el costo de producción considera tanto los costos operativos (OPEX) como las inversiones en capital (CAPEX). Dado que la participación societaria pasiva del Estado en una sociedad no implica que éste aporte capital para la construcción, la empresa privada que se asocie para extraer litio puede considerar esta participación como un costo también.

- 2) Costo de oportunidad: Las decisiones de inversión no dependen solamente de los costos de producción monetarios de los proyectos, sino también de las alternativas

² Por simplicidad y rigurosidad, en lo que resta del documento se denomina como impuesto ad valorem al royalty a la venta expuesto en la introducción.

³ Pasiva significa que no aporta capital en las inversiones.

de inversión que existan al momento de tomar la decisión. Ante un mismo precio de venta, será preferible el proyecto con un menor costo de producción (incluyendo impuestos a las utilidades o participaciones societarias).

Si bien actualmente Australia es el principal competidor de Chile en la industria del litio, sumando en conjunto un 76,92% de la participación mundial de la producción del mineral (U.S. Geological Survey, 2023), se estima que China, Argentina y África superarán en 2030 la participación de Chile (Bloomberg Línea, 2023). Una ENL exitosa lograría viabilizar numerosos nuevos proyectos de explotación de litio en Chile, pero la inmensa mayoría de ellos comenzarían a producir después de 2030. Si la ENL no es exitosa, es decir, si no gatilla nuevas inversiones, Chile seguirá perdiendo importancia en el mercado mundial después de 2030, no obstante, cuenta con las mayores reservas de litio del mundo (U.S. Geological Survey, 2023). Debido a que hay numerosas oportunidades de producir litio en otros países, consideramos que los inversionistas privados de los proyectos potenciales de la ENL tendrán como alternativa de inversión múltiples proyectos alrededor del mundo, por lo que les parecerán atractivos sólo los salares chilenos con un costo de producción menor a un determinado umbral basado en los costos de producción de las alternativas. Por simplicidad, supondremos que este límite es igual al costo promedio mundial de la industria⁴.

En resumen, si el gobierno desea maximizar la recaudación que obtendrá a través de la ENL es necesario que, al definir el mecanismo de recaudación, considere tanto los costos de producción como los costos de oportunidad que tendrán los potenciales inversionistas que participarán en los proyectos.

3. Modelo de costos

La sección anterior demuestra la importancia de estimar los costos de producción que tendrán cada uno de los potenciales proyectos que se registrarán de acuerdo con la ENL. Según

⁴ Consideramos el costo promedio del total de la industria. Es decir, incluye tanto los proyectos de salmuera como los de roca.

el Gobierno de Chile (2023b), en el país existen 63 ambientes salinos (45 salares y 18 lagunas salinas) de diversas características físico-químicas e hidrogeológicas, por lo que no es posible generalizar un costo de producción para todos los proyectos potenciales. Hasta el primer semestre del 2023, la ENL considera que existen 18 salares con un potencial geológico para la extracción de litio a partir del estudio realizado por Troncoso et al. (2013), aunque no se estima el costo de producción de ellos. En nuestro estudio nos proponemos estimar no sólo el costo de estos salares, sino también el de otros ambientes salinos potenciales existentes en el país.

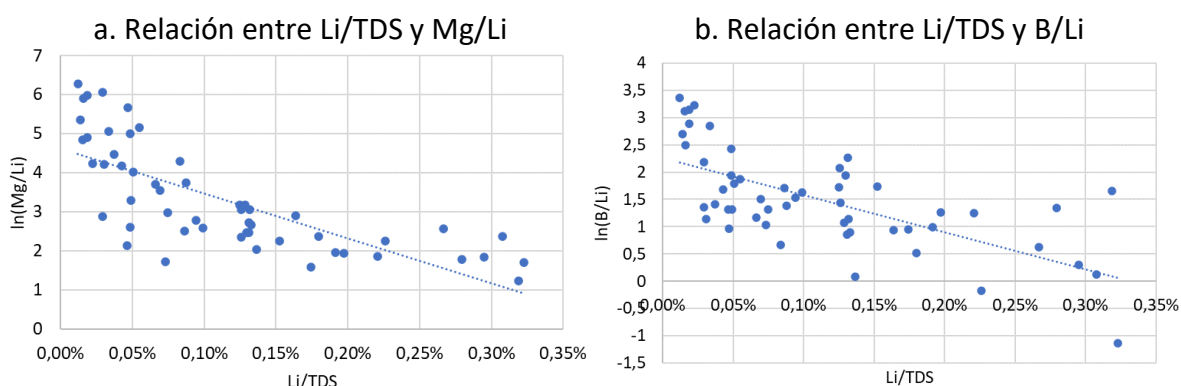
El primer paso es determinar los factores que influyen en los costos de producción de litio a partir de salmuera. Los principales factores son:

- Concentración de litio: Una mayor concentración de litio en la salmuera extraída de los salares permite obtener una mayor cantidad de litio por metro cúbico de salmuera procesada.
- Superficie del salar: Además de determinar la cantidad de salmuera máxima a ser extraída, permite aprovechar las economías de escala existentes.
- Relación entre litio y otros minerales: Una mayor proporción de magnesio y boro en las salmueras, en relación al litio, incrementa el costo de refinación de los productos de litio que requiere el mercado.
- Condiciones climáticas: Dado que se utilizan piscinas de evaporación para obtener soluciones concentradas en litio, climas más áridos permiten acortar los plazos de producción.

Risacher, Alonso y Salazar (1999) realizaron un estudio que reúne los factores antes dichos para diferentes ambientes salinos de Chile. A diferencia del estudio de Troncoso et al. (2013), Risacher, Alonso y Salazar (1999) analizaron muestras de 53 ambientes salinos, lo que permite realizar un análisis más exhaustivo de los potenciales proyectos del país. De estos ambientes, en nuestro estudio consideramos los 40 ambientes salinos en los que se encuentra disponible la superficie del salar.

Para estimar los costos de producción a partir de las características de los ambientes salinos es necesario tener una muestra de salares en los que actualmente ya se extraiga litio. Ésta es una de las principales limitaciones de nuestro estudio ya que, según el informe de Jones, Acuña y Rodríguez (2021), al 2021 sólo se extraía litio desde siete ambientes salinos en el mundo: el Salar de Atacama, el Salar del Hombre Muerto, el Salar de Olaroz y cuatro lagos salados en China. Esta muestra pequeña no nos permite considerar todas las características de los salares en nuestro análisis, por lo que nos centramos en una característica, la concentración de litio sobre el TDS⁵ (Li/TDS). En la Figura 2 se observa que Li/TDS tiene una alta correlación con las proporciones de magnesio y boro (-0,74 y -0,67 respectivamente), lo que hace sentido si se tiene en cuenta que estos minerales son parte, al igual que el litio, del TDS. En relación a las condiciones climáticas, Li/TDS tiene una correlación con las precipitaciones y la temperatura promedio de -0,31 y 0,15, respectivamente. Si bien el signo de las correlaciones es el esperado, son relativamente bajas, por lo que no considerar estas características es una de las deficiencias de nuestro estudio. Por último, supondremos que no existen economías de escala en la producción de litio, por lo que la superficie del salar no es relevante para estimar los costos.

Figura 2. Relaciones entre Li/TDS y otros minerales.



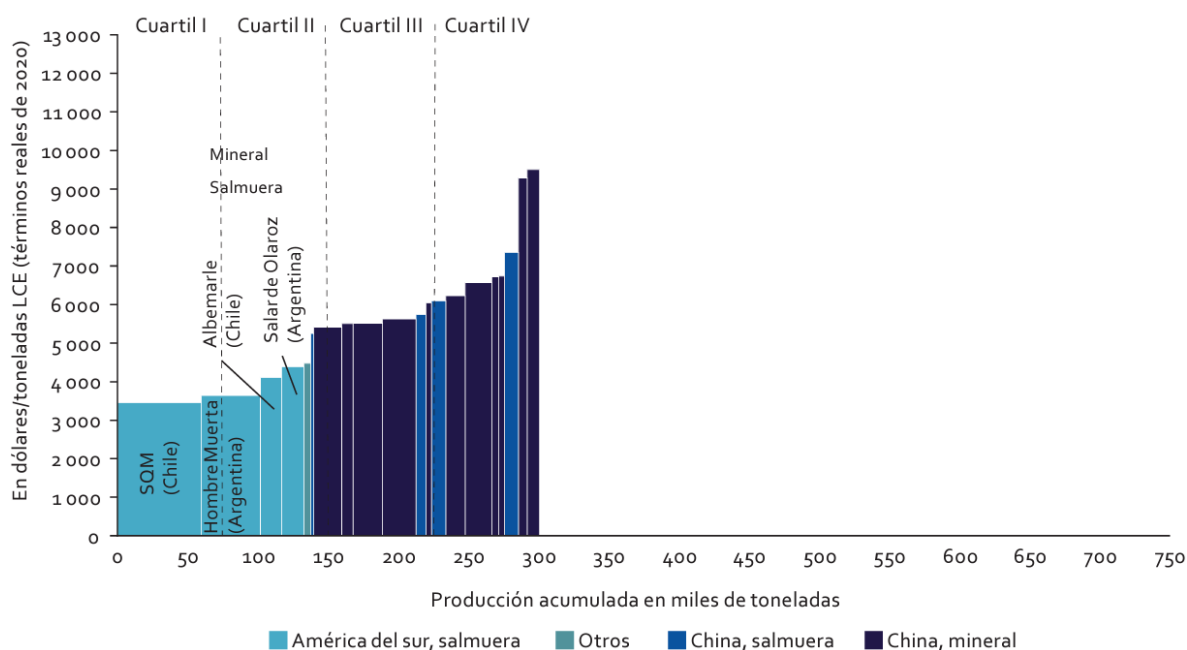
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Risacher, Alonso y Salazar (1999).

En la Figura 3 se exponen las estimaciones de Jones, Acuña y Rodríguez (2021) del OPEX por tonelada de LCE en 2020 de diferentes proyectos alrededor del mundo. Es importante destacar que estos costos consideran los impuestos ad valorem que tributan las empresas

⁵ TDS: Total Dissolved Solids.

en sus países de operación, que en el caso de Chile es la tasa de rentas de arrendamiento con Corfo. En la Tabla 1 se exponen los OPEX por tonelada de LCE, sin impuesto ad valorem, de las operaciones en el Salar de Atacama, el Salar del Hombre Muerto, el Salar de Olaroz y dos lagos salados en China, y sus composiciones según Vera et al. (2023).

Figura 3. OPEX del carbonato de litio en 2020.



Fuente: Jones, Acuña y Rodríguez (2021).

Tabla 1. Composiciones químicas y OPEX analizadas.

Nombre	País	Li/TDS	Mg/Li	B/Li	OPEX por tonelada de LCE
Salar de Atacama	Chile	0,47%	6,15	0,28	\$2.579
Salar de Hombre Muerto	Argentina	0,31%	0,16	0,6	\$3.343
Salar de Olaroz	Argentina	0,18%	3,51	Sin data	\$4.093
Lago Zabuye	China	0,15%	0	2,39	\$4.112
Lagos Xitai Ji Nai'er y Dongtai	China	0,06%	64,29	1,48	\$4.779

Fuente: Jones, Acuña y Rodríguez (2021) y Vera et al. (2023).

Al analizar la relación entre la proporción Li/TDS y el OPEX sin impuesto ad valorem se concluye que un modelo exponencial es el que mejor se ajusta a los datos. Al contrastar la proporción Li/TDS del Salar de Atacama de Vera et al. (2023) y Risacher, Alonso y Salazar (1999) se observa que la primera estimación es mayor. Esto se puede deber a que las

muestras recogidas por Risacher, Alonso y Salazar (1999) son superficiales. Por esta razón, las proporciones Li/TDS de Risacher, Alonso y Salazar (1999) se multiplicaron por 1,5357⁶ para estimar el OPEX de 40 ambientes salinos del país.

Para estimar el CAPEX de los ambientes salinos se realiza un modelo lineal entre el CAPEX y el OPEX por tonelada de LCE de diversos proyectos en estudio en Argentina debido a su similitud con las operaciones potenciales que se llevarán a cabo en Chile (GHD, 2019; Knight Piésold, 2019; Galan Lithium Limited, 2020; King y Dworzanowski, 2021; Millennial Lithium, 2021; Rosko, Gunn y Weston, 2022). Para determinar el CAPEX por tonelada de carbonato de litio se utiliza una vida de los proyectos de 20 años⁷.

En resumen, nuestro estudio estima el OPEX por tonelada de LCE con un modelo exponencial utilizando la proporción Li/TDS de cada ambiente salino. Posteriormente, utilizamos un modelo lineal para obtener el CAPEX por tonelada de LCE a partir del OPEX estimado, obteniendo de esta forma el costo de producción total.

Para calcular el costo promedio de la industria mundial de litio es necesario determinar un precio de largo plazo por tonelada de LCE debido a que todas las operaciones actuales tributan algún impuesto ad valorem sujeto al precio o valor del producto. En la Tabla 4 se exponen diferentes estimaciones del precio realizadas por consultoras. Por simplicidad, se escogerá el precio de largo plazo de US\$ 20.000 por ser la estimación más conservadora. A partir de la Figura 3 y el precio de largo plazo, determinamos que el costo de producción promedio de la industria que se obtiene es de US\$ 9.094,4⁸ por tonelada de LCE (en dólares del 2022⁹).

En la Figura 4 se exponen los costos de producción totales (OPEX más CAPEX) por tonelada de LCE de los 40 ambientes salinos estudiados sin y con la tasa de arrendamiento que

⁶ Esta constante se obtiene al dividir la proporción Li/TDS en el Salar de Atacama de Vera et al. (2023) por la de Risacher, Alonso y Salazar (1999).

⁷ El CAPEX por tonelada se calcula como $CAPEX(US\$/tn) = CAPEX(US\$ 000)/(Vida * Producción(tn/año))$.

⁸ Este costo considera tanto las operaciones a partir de salmuera como de roca. Se utiliza como supuesto que los inversionistas son indiferentes del tipo de extracción que se realice.

⁹ Los costos se ajustaron según el índice de precios del consumidor de Estados Unidos.

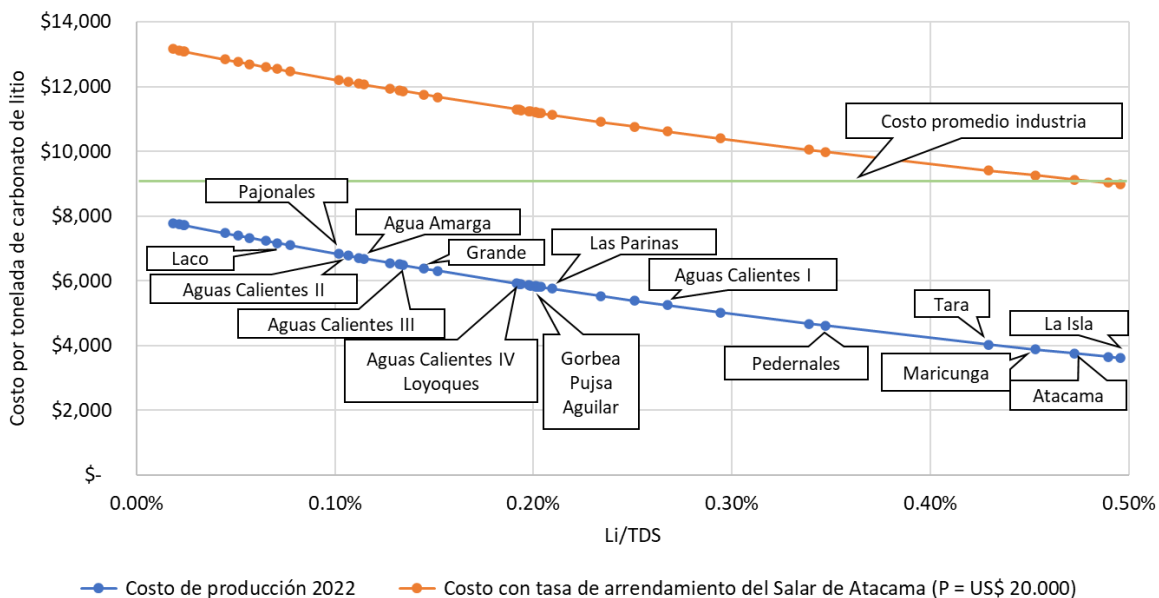
actualmente pagan las operaciones del Salar de Atacama a un precio de largo plazo de US\$ 20.000. El costo de producción promedio de la industria (línea verde) es de US\$ 9.094,4. Por último, las etiquetas de datos señalan los 18 salares considerados por el gobierno en la Estrategia Nacional del Litio (ENL).

Tabla 4. Estimaciones del precio de largo plazo del carbonato de litio.

Empresa consultora	Precio por tonelada de LCE
Morningstar (2023)	\$20.000
Benchmark Mineral Intelligence (DRA Pacific, 2023)	\$20.750
Wood Mackenzie's (Roth et al., 2022)	\$24.000
S&P Global (2022)	\$40.000

Fuente: Elaboración propia.

Figura 4. Costo de producción (OPEX+CAPEX) estimado para los ambientes salinos del país (US\$ de 2022)^a



Nota: ^a Las etiquetas de datos señalan los salares considerados por el gobierno en la ENL.

Fuente: Elaboración propia.

La primera conclusión que se puede extraer de la Figura 4 es que todos los ambientes salinos tienen un costo de producción menor al precio de largo plazo y son atractivos como proyectos de inversión. Lo anterior se modifica si se considera un impuesto ad valorem con la misma estructura de la tasa de rentas de arrendamiento que pagan actualmente las

operaciones del Salar de Atacama, disminuyendo de 40 a 2 los ambientes salinos atractivos para los inversionistas, de los cuales uno corresponde a un salar considerado en la ENL.

La conclusión preliminar que se obtiene del análisis de los costos de producción de los ambientes salinos del país en la Figura 4 demuestran la importancia del diseño del régimen tributario que los rige ante la competencia de posibilidades de inversión en países como Argentina, Bolivia y China.

4. Estimaciones

Como se expuso en la introducción, las alternativas de tributación se pueden simplificar a un impuesto ad valorem, o tasa de royalty a la venta, y a una participación societaria del fisco en los proyectos. En esta sección se estiman las curvas de Laffer para cada una de estos mecanismos de recaudación y se contrastan para definir el régimen que maximiza los ingresos que obtendría el fisco. En nuestro análisis se omite el Salar de Atacama debido a que ya se encuentra en operación, por lo que el costo de oportunidad de invertir en otro proyecto es, a priori, un costo hundido¹⁰.

Para estimar la recaudación fiscal es necesario estimar la producción de LCE que producirá cada ambiente salino. Se supondrá que la producción anual de un ambiente salino es:

$$producción = \frac{Li}{TDS} * superficie * eficiencia$$

donde $\frac{Li}{TDS}$ es la proporción Li/TDS ajustada, *superficie* es la superficie de salar en kilómetros cuadrados¹¹ y *eficiencia* es un factor de eficiencia que se supondrá constante para todos los ambientes salinos. En nuestro análisis, *eficiencia* es igual a la constante que ajusta la producción del Salar de Atacama a la producción de LCE estimada para Chile en 2022 por el U.S. Geological Survey (2023). Con este modelo estimamos que la producción

¹⁰ Esta afirmación no es del todo cierta si se considera que el costo de oportunidad es relevante en el caso que se desee expandir la capacidad productiva del Salar.

¹¹ Por simplicidad, en el análisis se omitieron las lagunas saladas sin superficie de salar según Risacher, Alonso y Salazar (1999).

en conjunto de los 39 ambientes salinos estudiados, sin incluir el Salar de Atacama, es de 94.948 toneladas de LCE por año.

Se entiende que la producción futura puede ser sustancialmente mayor a la estimada debido a que estamos considerando la producción de 2022 del Salar de Atacama como referencia. Si bien existen diferentes alternativas para estimar la producción de los potenciales proyectos, en las subsecciones posteriores demostraremos que las diferentes estimaciones sólo afectan al nivel de recaudación que se obtiene, pero no la tasa de impuesto ad valorem o la participación societaria óptima.

4.1. Curva de Laffer para impuesto ad valorem

La tasa de arrendamiento que actualmente pagan las operaciones del Salar de Atacama es progresiva con el precio de los productos de litio. Si bien la estructura de esta progresividad es relevante, las decisiones de inversión en minería se basan en las estimaciones del precio de largo plazo, por lo que nuestro análisis se centra en la tasa de impuesto ad valorem efectiva sin importar la estructura de progresividad del impuesto (lo que permite generalizar las conclusiones). Suponiendo que la tasa de impuesto debe ser igual para todas las operaciones y considerando el impuesto a las utilidades de un 35%¹², el problema de maximización del fisco se puede resumir en recaudar lo máximo posible sujeto a (s.a) el costo de oportunidad de invertir en el extranjero:

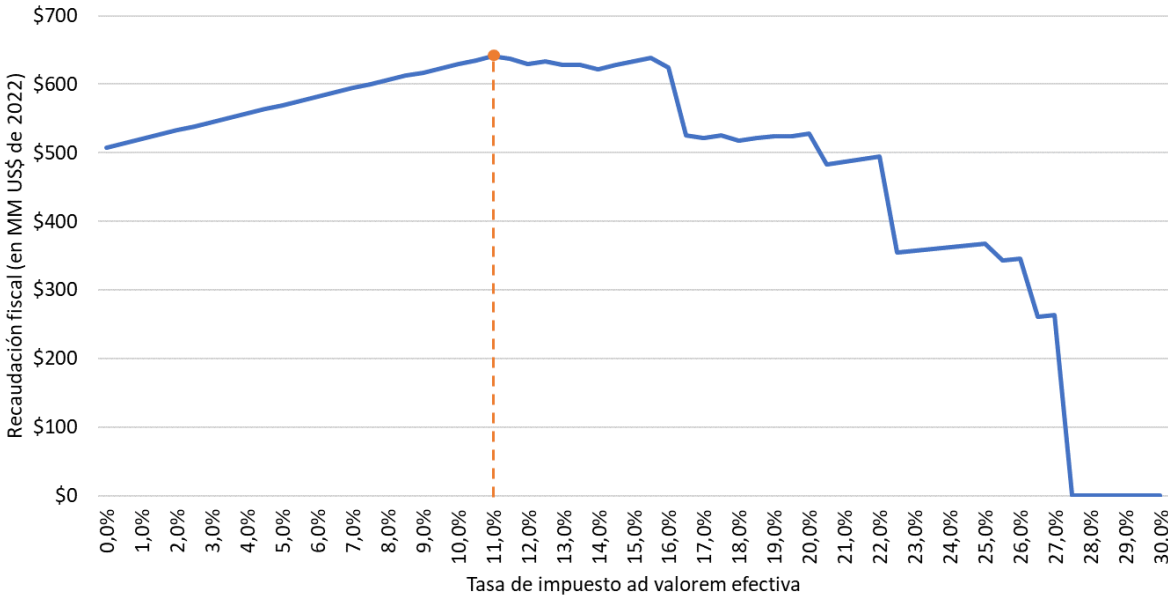
$$\underset{A\%}{Max} \sum_{i=1}^N ((P^{LP} - C_i) * 35\% + P^{LP} * A\% * (1 - 35\%)) * Q_i \quad s.a. \quad C_i + P^{LP} * A\% \leq \bar{U}$$

donde $i = \{1,2,3, \dots, N\}$ son los salares analizados, P^{LP} es el precio de largo plazo, C_i es el costo de producción por tonelada de LCE del salar i , $A\%$ es la tasa de impuesto ad valorem a fijar, Q_i es la producción en toneladas de LCE anuales del salar i y \bar{U} es el precio umbral que define el costo de oportunidad. P^{LP} es igual al precio de US\$ 20.000 por tonelada de LCE determinado anteriormente y \bar{U} es el costo promedio de la industria de US\$ 9.094,4 por tonelada de LCE.

¹² Es decir, estamos suponiendo que los dueños de las operaciones retiran todas las utilidades.

En la Figura 5 se expone la recaudación del fisco a cada nivel de la tasa de impuesto ad valorem. Se observa claramente el *trade-off* característico de la curva de Laffer, es decir, un incremento de la recaudación fiscal a medida que incrementa la tasa de impuesto hasta llegar a un máximo, que en este caso corresponde a US\$ 644,51 millones con una tasa de impuesto ad valorem del 11,33%. Considerando el impuesto a la renta del 35%, la tasa de impuesto efectiva¹³ es de 44,63%. La tasa de impuesto ad valorem óptima es inferior al 26,86% de la tasa de arrendamiento actual del Salar de Atacama considerando un precio de US\$ 20.000.

Figura 5. Curva de Laffer para impuesto ad valorem (US\$ de 2022).



Fuente: Elaboración propia.

El resultado anterior tiene como supuesto que la tasa de impuesto ad valorem tiene que ser igual para todas las operaciones que se lleven a cabo. En la realidad, es posible imponer diferentes tasas de impuestos ad valorem según características de los proyectos e incluso, en el extremo, imponer una tasa diferente para cada proyecto. Si consideramos esta opción, el problema de maximización del fisco se modifica a:

¹³ La tasa de impuesto efectiva es igual a los impuestos recaudados dividido por la utilidad de la empresa sin considerar impuestos.

$$\text{Max}_{A\%_i} \sum_{i=1}^N ((P^{LP} - C_i) * 35\% + P^{LP} * A\%_i * (1 - 35\%)) * Q_i \quad \text{s. a. } C_i + P^{LP} * A\%_i \leq \bar{U}$$

que es igual a maximizar la recaudación por cada proyecto individualmente. Dado que la función de recaudación es estrictamente creciente a $A\%_i$, la restricción $C_i + P^{LP} * A\%_i = \bar{U}$ está activa. Despejando se obtiene que:

$$A\%_i^* = \frac{\bar{U} - C_i}{P^{LP}}$$

Con este esquema de impuestos ad valorem se obtiene una recaudación fiscal de US\$ 778,23 millones. La tasa de impuesto ad valorem más alta sería de 27,39% en el Salar de La Isla y la más baja sería de 10,01% en el Salar del Laco¹⁴. La tasa de impuesto efectiva de este esquema tributario es de 53,62%. La ecuación de la tasa de impuesto ad valorem óptima muestra la importancia de la estimación del precio de largo plazo en la definición del régimen tributario. A su vez, al no depender la tasa de impuesto óptima de la producción, responde a una hipótesis crítica que se puede realizar por la estimación de la producción realizada al comienzo de la sección 4.

4.2. Curva de Laffer para participación societaria

El segundo mecanismo que tiene el fisco para recaudar ingresos de los proyectos del litio es participar en estas operaciones como accionista. Suponiendo que la participación debe ser igual en todas las operaciones y considerando el impuesto a las utilidades de un 35%, el problema de maximización del fisco se puede resumir en:

$$\text{Max}_{S\%} \sum_{i=1}^N ((P^{LP} - C_i) * (35\% + (1 - 35\%) * S\%)) * Q_i \quad \text{s. a. } C_i + (P^{LP} - C_i) * S\% \leq \bar{U}$$

donde $S\%$ es la participación societaria del Estado. La Figura 6 presenta la curva de Laffer de la recaudación fiscal excluyendo la producción del Salar de Atacama. La recaudación máxima es de US\$ 666,97 millones y se obtiene con una participación societaria del 17,2%. Una observación a destacar es que los ingresos fiscales con esta alternativa son levemente

¹⁴ Existen otros nueve potenciales proyectos de menor tamaño con una tasa de impuesto ad valorem óptima más baja, pero se expone al Salar del Laco por ser uno de los salares considerados en la ENL.

mayores a los US\$ 644,51 millones que se obtiene con la tasa de impuesto ad valorem única, lo que se refleja también en la tasa de impuesto efectiva que se incrementa a 46,18%.

A diferencia del impuesto ad valorem, la participación societaria por esencia puede ser diferente en cada operación que se realice, por lo que el problema de maximización es:

$$\text{Max}_{S\%_i} \sum_{i=1}^N ((P^{LP} - C_i) * (35\% + (1 - 35\%) * S\%_i)) * Q_i \quad \text{s. a. } C_i + (P^{LP} - C_i) * S\%_i \leq \bar{U}$$

Como la función de recaudación es estrictamente creciente, la restricción del costo de oportunidad está activa, es decir, $C + (P^{LP} - C) * S\%_i = \bar{U}$. Por lo tanto, la participación societaria óptima por proyecto es:

$$S\%_i^* = \frac{\bar{U} - C_i}{(P^{LP} - C_i)}$$

Con este esquema de participación la recaudación fiscal asciende a US\$ 778,23 para todos los salares considerados. La participación societaria más alta es de un 33,44% en el Salar de La Isla, que tiene el menor costo, y la participación más baja es de un 15,51% en el Salar del Laco¹⁵. Con este esquema, la tasa de impuesto efectiva es de 53,62%. Es importante destacar que con este nivel de participación societaria el Estado no tendría el control de los proyectos, a diferencia de lo propuesto en la ENL. Al igual que en el mecanismo de impuesto ad valorem, la tasa de participación societaria óptima no depende de la producción.

En resumen, se observa que la recaudación por participación societaria es igual a la recaudación que se obtiene con un impuesto ad valorem si se diseña un régimen particular a cada potencial proyecto. Dado que las tasas óptimas dependen de factores determinísticos como el precio umbral del costo de oportunidad y el precio de largo plazo, es interesante analizar si nuestra conclusión depende de estos parámetros. Para que la recaudación por participación societaria sea mayor a la recaudación por impuesto ad valorem se debe cumplir que:

¹⁵ Al igual que en el análisis del impuesto ad valorem óptimo, se expone al Salar del Laco por ser el salar con la menor participación societaria de los considerados en la ENL.

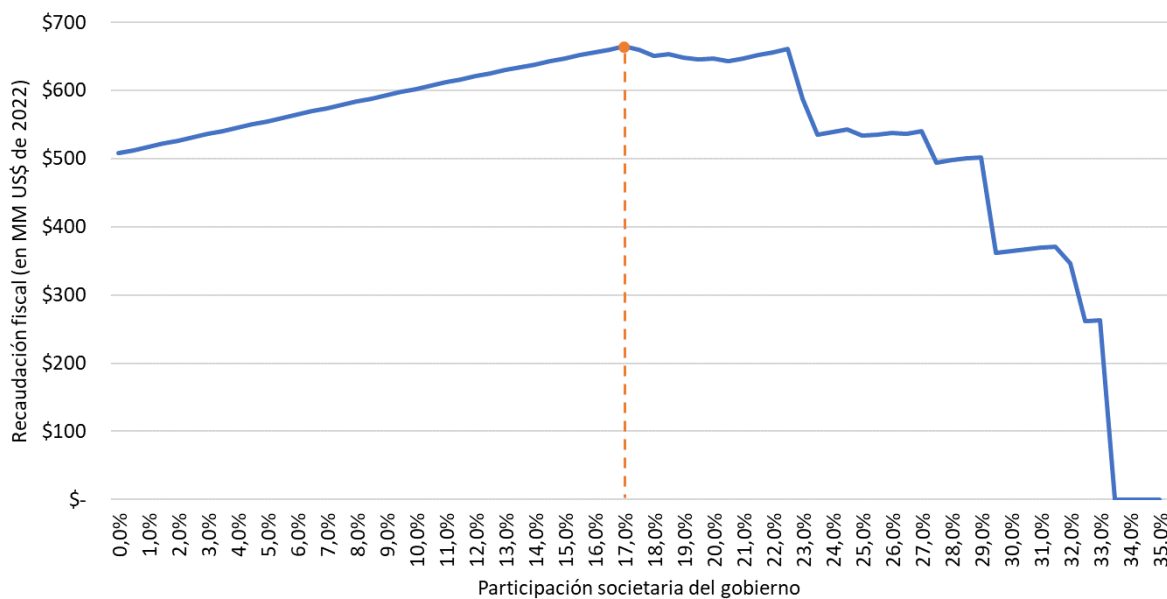
$$((P^{LP} - C_i) * (35\% + (1 - 35\%) * S\%_i^*)) * Q_i > ((P^{LP} - C_i) * 35\% + P^{LP} * A\%_i^* * (1 - 35\%)) * Q_i$$

$$(P^{LP} - C_i) * (1 - 27\%) * \frac{\bar{U} - C_i}{(P^{LP} - C_i)} > P^{LP} * \frac{\bar{U} - C_i}{P^{LP}} * (1 - 27\%)$$

$$1 = 1$$

La derivación matemática recién expuesta demuestra que la recaudación por participación societaria y por impuesto ad valorem serán siempre equivalentes si se diseña un sistema impositivo particular para cada proyecto.

Figura 6. Curva de Laffer para participación societaria (US\$ de 2022).



Fuente: Elaboración propia.

¿Es posible aumentar la recaudación con una combinación de los mecanismos de impuesto ad valorem y de participación societaria? Si suponemos que se quiere implementar la participación societaria óptima, cualquier tasa de impuesto ad valorem superior a 0% hará que el costo total del proyecto sea mayor al costo de oportunidad, por lo que deja de ser atractivo para el inversionista. Es decir, si se desea implementar ambos mecanismos simultáneamente, las tasas de impuesto ad valorem y de participación societaria deben ser inferiores a sus óptimos, recaudando como máximo lo mismo que cada mecanismo por separado.

5. Conclusiones

Uno de los objetivos de la Estrategia Nacional del Litio (ENL) anunciada por el presidente Gabriel Boric es maximizar las rentas que obtendrá de la explotación del litio, permitiendo de esta forma financiar inversiones sociales, tecnológicas y productivas. Existen diferentes mecanismos de recaudación que puede ser considerados, pero este estudio se centró en dos: el impuesto ad valorem que se ha utilizado hasta el momento en Chile, y la participación societaria del Estado planteada en la ENL. Un aspecto a considerar al diseñar este sistema impositivo es la denominada curva de Laffer, la cual describe que, si bien un mayor impuesto implica mayor recaudación por cada proyecto, la carga tributaria hace que se realicen menos proyectos. En nuestra investigación consideramos que los potenciales proyectos de explotación de litio sólo serán atractivos para los inversionistas si tienen un costo de producción inferior al costo promedio mundial de la industria.

Nuestro análisis primero consistió en diseñar un modelo de costos a partir de características químicas de los ambientes salinos del país. Para esto, se ajustó un modelo exponencial para estimar el costo de operación (OPEX) a partir de la relación entre el litio sobre el total de sólidos disueltos de los ambientes salinos. Posteriormente, se estimó la inversión en capital (CAPEX) con el OPEX calculado.

Una vez calibrado el modelo, se estimó la recaudación que se obtiene con cada uno de los mecanismos de recaudación. Si no se pudiera discriminar entre potenciales proyectos, la recaudación total con el mecanismo de impuesto ad valorem y de participación societaria sería de US\$ 644,51 millones y US\$ 666,97 millones, respectivamente, con una producción anual, sin incluir el Salar de Atacama, de 94.948 toneladas de carbonato de litio equivalente (LCE) entre todos los ambientes salinos considerados en el estudio. En cambio, si se diseña un sistema de recaudación particular a cada potencial proyecto, el mecanismo de participación societaria es igual al del impuesto ad valorem, incrementando la recaudación a US\$ 778,23 millones por la misma producción antes dicha. En el caso que se utilice otro modelo para estimar las producciones de los ambientes salinos, cambiará la recaudación total pero no las tasas de impuesto ad valorem y participación societaria óptimas. Por

último, se concluye que no existe una combinación de impuesto ad valorem y participación societaria que permita incrementar la recaudación que se obtiene con cada mecanismo por separado.

Este estudio buscó discutir de forma técnica diversos aspectos que se deben considerar al determinar los regímenes de recaudación de ingresos fiscales que se impongan en los potenciales proyectos de extracción y producción de litio. Si bien en nuestra investigación nos centramos en cómo maximizar la recaudación, hay que considerar que existen otras implicancias de la participación societaria que no hemos abordado como son las consecuencias de tener el control de los proyectos, la asunción de riesgos, el rol del Estado en la asociación (participar en la producción, ser sólo accionista, etc.), entre otros aspectos.

Una ENL exitosa debería viabilizar numerosos nuevos proyectos de explotación de litio en Chile, pero la inmensa mayoría de ellos comenzaría a producir después de 2030. En este caso, Chile podría remontar la producción de litio post 2030 y retomar al menos parte del liderazgo perdido. En cambio, si la ENL no es exitosa, es decir, si no gatilla nuevas inversiones, Chile seguirá perdiendo progresivamente importancia en el mercado mundial después de 2030, a pesar de tener las mayores reservas de litio del mundo.

Este trabajo demuestra que, de persistir un requerimiento por parte del Estado de obtener mayoría societaria en las asociaciones que realice para explotar el litio, es probable que haya muy pocos negocios que se concrete en los próximos años. Para poder crear un Chile más próspero y distribuir la riqueza de forma justa, como prometió el Presidente en el anuncio de la ENL, es necesario definir mecanismos que permitan recaudar más y a su vez hacer atractivos los proyectos para los inversionistas.

Referencias

Bloomberg Línea. (2023). Argentina está lista para ser el tercer productor de litio más grande del mundo para 2030, dice JPMorgan. Recuperado el 16 de junio de 2023 en <https://www.bloomberglinea.com/english/argentina-poised-to-be-worlds-third-largest-lithium-producer-by-2030-jpmorgan-says/>.

DRA Pacific. (2023). Tonopah lithium claims project NI 43-101 technical report – Preliminary economic assessment. Recuperado el 13 de julio de 2023 en <https://americanlithiumcorp.com/wp-content/uploads/2023/05/PEA-Report-TLC.pdf>.

Galan Lithium Limited. (2020). Compelling Preliminary Economic Assessment Results for 100% owned Hombre Muerto West (HMW) Project in Catamarca, Argentina. Recuperado el 13 de julio de 2023 en [https://minedocs.com/21/Hombre-Muerto-West-\(HMW\)-PEA-12212020.pdf](https://minedocs.com/21/Hombre-Muerto-West-(HMW)-PEA-12212020.pdf).

GHD. (2019). Preliminary Economic Assessment (PEA) - Pozuelos - Pastos Grandes Project: NI 43-101 Technical Report. Recuperado el 13 de julio de 2023 en https://www.miningnewsfeed.com/reports/PozuelosPastosGrandes_PEA_01172019.pdf.

Gobierno de Chile. (2023a). Presidente Gabriel Boric anuncia Estrategia Nacional del #LitioPorChile y su gente. Recuperado el 16 de junio de 2023 en https://www.youtube.com/watch?v=0yaldlhwj_8&t=44s.

Gobierno de Chile. (2023b). Estrategia Nacional del Litio: Por Chile y su gente. Recuperado el 16 de junio de 2023 en https://s3.amazonaws.com/gobcl-prod/public_files/Campañas/Litio-por-Chile/Estrategia-Nacional-del-litio-ES_14062023_2003.pdf.

Jones, B., Acuña, F. y Rodríguez, V. (2021). Cambios en la demanda de minerales: Análisis de los mercados del cobre y el litio, y sus implicaciones para los países de la región andina. Recuperado el 16 de junio de 2023 en https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/47136/1/S2100341_es.pdf.

King, M. y Dworzanowski, M. (2021). Feasibility Study (FS) - 3Q Project: NI 43-101 Technical Report. Recuperado el 13 de julio de 2023 en <https://minedocs.com/21/Tres-Quebradas-FS-11252021.pdf>.

Knight Piésold. (2019). NI 43-101 Preliminary economic assessment report for the Hombre Muerto Norte project. Recuperado el 13 de julio de 2023 en <https://www.lithiumsouth.com/wp-content/uploads/HMN-Final-Report-190808.pdf>.

McKinsey & Company. (2023). Battery 2030: Resilient, sustainable, and circular. Recuperado el 16 de junio de 2023 en <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/battery-2030-resilient-sustainable-and-circular>.

Millennial Lithium. (2021). Corporate Presentation - June 2021. Recuperado el 13 de julio de 2023 en https://www.millenniallithium.com/_resources/presentations/corporate-presentation.pdf.

Morningstar. (2023). Plunge in lithium stocks creates opportunity for investors. Recuperado el 13 de julio de 2023 en <https://www.morningstar.com.au/insights/stocks/235447/plunge-in-lithium-stocks-creates-opportunity-for-investors>.

Risacher, F., Alonso, H., y Salazar, C. (1999). Geoquímica de aguas en cuencas cerradas: I, II, III regiones - Chile. Recuperado el 16 de junio de 2023 en <https://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/20.500.13082/32750>.

Rosko, M., Gunn, M., y Weston, S. (2022). Sal de Vida Project: NI 43-101 Technical Report. Recuperado el 13 de julio de 2023 en https://minedocs.com/22/SaldeVida_TR_03312022.pdf.

Roth, D., Tahija, L., Iasillo, E., Martina, K., Chow, B., Mutler, W., Bahe, K., Kaplan, P., Cluff, T. y Shannon, B. (2022). Feasibility Study National Instrument 43-101 Technical Report for the Thacker Pass Project. Recuperado el 13 de julio de 2023 en <https://minedocs.com/19/Thacker-Pass-FS-11022022.pdf>.

S&P Global (2022). Commodities 2023: Lithium prices likely to see support from tight supply, bullish EV demand. Recuperado el 16 de junio de 2023 en <https://www.spglobal.com/commodityinsights/en/market-insights/latest-news/metals/122222-lithium-prices-likely-to-see-support-in-2023-from-tight-supply-bullish-ev-demand>.

Troncoso, V., Ercilla, O., Carrasco, R., y Vivallo, W. (2013). Estudio del potencial de litio en salares del norte de Chile. Recuperado el 16 de junio de 2023 en https://www.sernageomin.cl/wp-content/uploads/2017/09/Mercado-Internacional_Potencial-del-Litio-en-salares-del-norte-de-chile.pdf.

U.S. Geological Survey. (2023). Mineral Commodity Summaries 2023: Lithium. Recuperado el 16 de junio de 2023 en <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2023/mcs2023-lithium.pdf>.

Vera, M. L., Torres, W. R., Galli, C. I., Chagnes, A., y Flexer, V. (2023). Environmental impact of direct lithium extraction from brines. *Nature Reviews Earth & Environment*, 4(3), 149-165.