

CAPÍTULO QUINTO

EL LITIO

I. EL LITIO COMO MINERAL ESTRATÉGICO

El litio es el tercer elemento del sistema periódico, después del hidrogeno y del helio, y, además, el primero del grupo de metales alcalinos. Se trata de un material altamente reactivo, por lo que, en la naturaleza, existe únicamente combinado en la forma de minerales de litio en rocas pegmatíticas (principalmente, espodumeno), rocas sedimentarias (hectorita) y especialmente en salmueras naturales continentales.¹⁶⁷

Tiene propiedades físicas y químicas de carácter singular, las que lo han convertido en un elemento clave en numerosas aplicaciones, algunas de ellas de alto nivel tecnológico. Es el más liviano de todos los elementos sólidos, lo que, junto a su alto potencial electroquímico, lo convierte en el componente preferido de las baterías recargables de alta densidad energética. También su bajo peso específico permite usarlo en aleaciones aluminio-litio para la industria aeronáutica.

El litio fue descubierto en 1817 por el químico sueco Johan August Arfwedson (1792-1841),¹⁶⁸ quien lo individualizó con el nombre de litio, para así señalar que dicho elemento proviene de un mineral. Arfwedson estudió en la Universidad de Upsala, donde se graduó en Derecho en 1809 y en Mineralogía en 1812. En Estocolmo conoció al químico Jöns Jacob Berzelius, quien le permitió el acceso a su laboratorio privado.

Aunque el litio fue descubierto en 1817, debido a su analogía con dos de su grupo (sodio y potasio), sólo hasta 1818 Humphry Davy y William Thomas Brande consiguieron aislar el elemento mediante electrólisis del óxido de litio. Hacia 1855, Robert Bunsen y Augustus Matthiessen consiguieron obtener litio en grandes cantidades, a través de la electrólisis del cloruro de

¹⁶⁷ *Litio: Una fuente de energía, una oportunidad para Chile*, Santiago de Chile, Comisión Nacional del Litio, 2015, p. 39.

¹⁶⁸ Aun cuando algunos autores le otorgan el descubrimiento al químico francés George Urbain, en 1907. Carrica, Pehuén Tupac, *El litio: la energía del futuro*, Argentina, Universidad Nacional de la Pampa, 2018, p. 2.

litio, en un pequeño crisol de porcelana, usando para ello un fino hilo de hierro como cátodo y una varilla de carbón como ánodo.

Se ha señalado al litio como una de las materias primas claves para la transición tecnológica hacia sistemas de movilidad y producción energética con bajas emisiones de dióxido de carbono; en este sentido, se le presenta como un nuevo recurso estratégico para la “economía verde”.¹⁶⁹

Según la Agencia Internacional de Energía (IEA):¹⁷⁰

El sistema mundial de energía está en una encrucijada. Las tendencias actuales del suministro y el consumo de energía son claramente insostenibles, tanto desde el punto de vista ambiental como del económico y social. Estas tendencias pueden —y deben— ser modificadas; todavía hay tiempo para cambiar de rumbo. No es exagerado decir que el futuro de la prosperidad de la humanidad depende de la manera en que sepamos responder a los dos principales que se nos plantean en la actualidad en materia de energía: asegurar un suministro de energía fiable y asequible, y pasar rápidamente a un nuevo sistema de suministro de energía con bajas emisiones de carbono, eficiente y respetuoso del medio ambiente. Lo que hace falta no es nada menos que una revolución energética.

Igualmente, la IEA ha señalado que¹⁷¹

para evitar daños catastróficos e irremediables al clima mundial se requiere en última instancia una importante descarbonización de las fuentes de energía del mundo. De persistir las tendencias actuales, las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) relacionadas con la energía y de otros gases de efecto invernadero aumentarán inexorablemente, causando una elevación de la temperatura media mundial en el largo plazo de hasta 6°C.

Su importancia radica en que será el que reemplace al petróleo como recurso natural no renovable y factor estratégico. Viene a ser una *commoditie* base de la cuarta revolución industrial (las TIC); pero, a diferencia de otros *commodities*, el litio no se transa en la bolsa y el precio es resultante de los contratos y negociaciones entre productor y cliente, motivo por el cual el comportamiento de aquellos actores privados, con apego a las normas y contratos

¹⁶⁹ Gundermann, Hans y Göbel, Barbara, “Comunidades indígenas, empresas de litio y sus relaciones en el Salar de Atacama”, *Chungará. Revista de Antropología Chile*, vol. 50, núm. 3, 2018, p. 471.

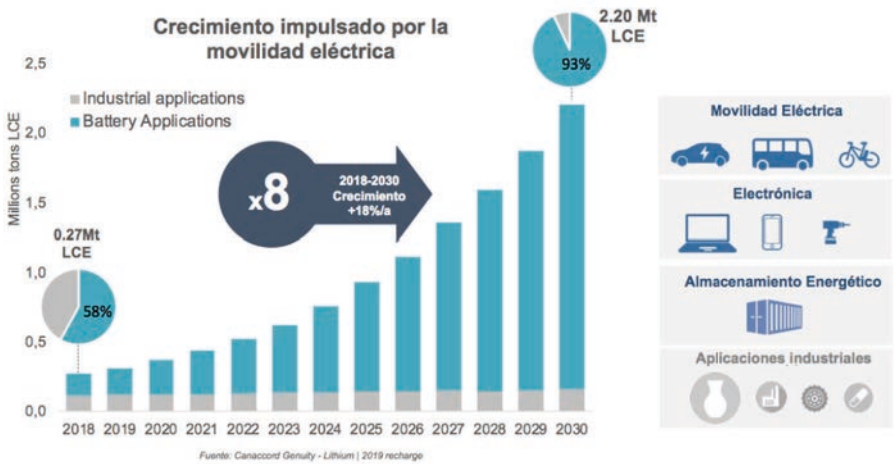
¹⁷⁰ International Energy Agency, *World Energy Outlook*, 2008.

¹⁷¹ *Idem*.

con que se rija este elemento, será esencial para el beneficio de los mexicanos (a través del Estado) o de las empresas extranjeras.

Es tal el interés estratégico por el litio, que la Unión Europea lo incluyó entre los 41 metales y minerales considerados materias primas “críticas”, tanto por ser un insumo relevante para la industria europea como por sus dificultades de suministro.¹⁷²

Diversos estudios defienden que de aquí a 2030 la demanda de litio aumentará hasta 93%, como se muestra en la siguiente gráfica:¹⁷³



II. DIVERSOS USOS DEL LITIO

La importancia estratégica del litio se halla en sus múltiples usos en diversos ámbitos. Se trata de un elemento central para el desarrollo de aplicaciones vinculadas a la transformación y almacenamiento de energía a bajo costo y de manera sustentable, así como en el área de eficiencia energética con la producción de aleaciones livianas como las de Al-Li.

Ya en 1898, en Estados Unidos se inició la producción comercial de minerales de litio con el envío de 30 toneladas de espodumena proveniente de

¹⁷² CE, *Definición de las materias primas críticas en la Unión Europea*, Bruselas, Comisión Europea, 2012. Disponible en <https://bit.ly/2wUZL3G>

¹⁷³ López Redondo, Noelia, “España tiene la segunda mina de litio más grande de Europa”, *MovilidadEléctrica.com*, 14 de enero de 2020, disponible en <https://bit.ly/2YE6v1C>

la mina Etta de Dakota del Sur, y en 1923, en Alemania, comenzó la producción comercial de litio para la fabricación de lubricantes.

Antes del *boom* del mineral en este siglo, el litio fue un recurso estratégico en la industria militar. Se usó en la fabricación de la bomba de hidrógeno durante la primera mitad del siglo XX. Fue hasta los años ochenta del siglo pasado cuando se desarrollaron las primeras baterías recargables funcionales de iones de litio, pero los trabajos de investigación se detuvieron para concentrarse en otras químicas.

A principios de la década de los años noventa, la compañía japonesa Sony comercializó la primera batería recargable de iones de litio. Esta batería, más pequeña que una convencional y con mayor capacidad, revolucionó el mercado de electrónicos de consumo al ofrecer una densidad energética mucho mayor que la mayoría de los otros sistemas electroquímicos.¹⁷⁴

Se ha mencionado que los cambios tecnológicos que hicieron que las baterías tuvieran como insumo fundamental el litio, también sufrieron una doble revolución interna. Por un lado, porque al comenzar el siglo XXI la revolución nanotecnológica tuvo un impulso inusitado, el cual permitió que nuevos productos irrumpieran en el mercado, reemplazando, por su precio y calidad, a modelos que, de golpe, resultaron obsoletos; así, productos que habían funcionado como vanguardia en la era analógica, instalados desde la década de 1970, como los *walk-man*, *disc-man*, cámaras con rollo o videocintas y celulares, dieron lugar a los reproductores de MP3, celulares y cámaras digitales, computadoras portátiles, *e-readers*, etc. Por otro lado, la revolución nanotecnológica fue una *revolución dentro de una revolución*, ya que se modificaron radicalmente las formas de consumo y producción, y consolidaron la nueva era digital-informática con las telecomunicaciones, internet, nuevos servicios, precios accesibles —con tendencias a la baja— y formas dinámicas, donde el mercado de estos nuevos productos dio un giro exponencial de crecimiento.¹⁷⁵

Para 2017, en medicina representaba 3%; en polímeros, 3%; para el aire acondicionado, 4%; para la metalurgia, 7%, para grasas lubricantes, 13%; para cerámicas y vidrios, 20%; y especialmente en baterías, 40%.¹⁷⁶

En este sentido, la industria del aluminio usa compuestos de litio para su obtención, en la industria del vidrio y la cerámica optimiza la producción,

¹⁷⁴ “Conozca el A, B y C del litio, el remedio contra la depresión petrolera internacional”, América Economía, 10 de diciembre de 2016, disponible en <https://bit.ly/2SDnXPF>

¹⁷⁵ Geopolítica del Litio (2015), p. 24.

¹⁷⁶ *Litio: Una fuente de energía, una oportunidad para Chile*, op. cit.

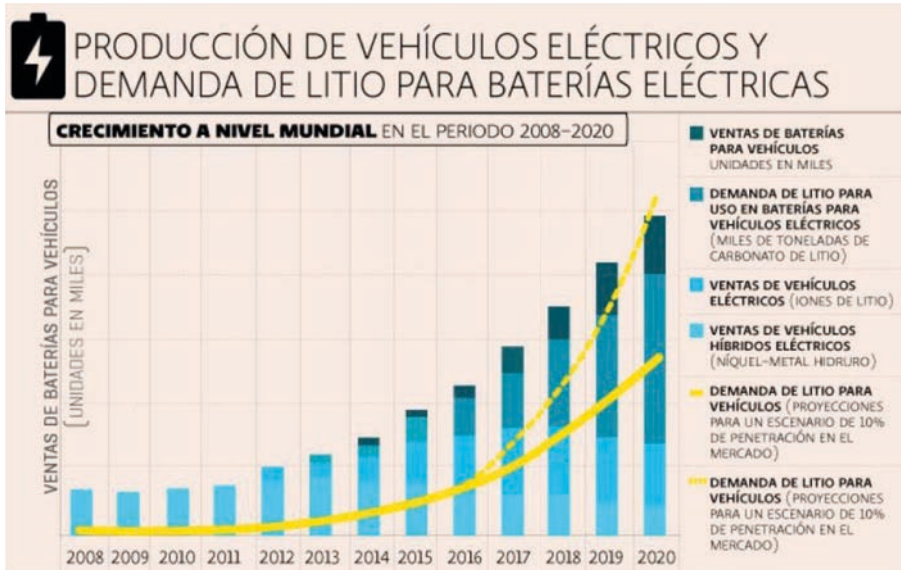
la industria de lubricantes elabora grasas multipropósito de gran resistencia, se usa en sistemas industriales de aire acondicionado por su capacidad de absorción de humedad; en la medicina se utiliza para el tratamiento de síndromes depresivos, y en la industria de los polímeros, para la obtención de caucho de alta duración. Sin embargo, uno de sus usos más relevantes es para la elaboración de baterías de iones de litio, que se emplean en variados dispositivos, como cámaras fotográficas digitales, computadoras portátiles, teléfonos celulares, agendas electrónicas, MP3, y en la mayoría de los aparatos tecnológicos de uso diario. Así también, el litio es utilizado en los autos híbridos (HEV o PHEV) que requieren una batería para funcionar.

Las transformaciones tecnológicas han permitido que la fabricación de baterías de iones de litio se extienda al mercado automotriz, lo que permite ofrecer una manera de almacenar energía eléctrica con niveles de potencia, autonomía y tiempo de recarga aceptables. Los automóviles eléctricos —vehículos eléctricos (VE), vehículos eléctricos híbridos (VEH) y vehículos eléctricos híbridos *plug-in* o enchufables (PHEV)— exigen un tipo especial de batería para almacenar la energía generada a través del motor de combustión interna o por otros medios.

Las baterías de iones de litio son las que mejor se han adaptado a estos requerimientos, combinando el motor de combustión interna tradicional (para el caso de los híbridos) con una batería y un motor eléctrico. Este tipo de automóviles ya permite viajes de 60 a 350 kilómetros (dependiendo del modelo) solamente con el impulso de una batería de litio. A su vez, con la tecnología actual, las baterías son capaces de ser recargadas en seis minutos en cualquier enchufe doméstico de 220 voltios, alcanzando los autos velocidades máximas de 180 km/hora y una aceleración de 0 a 100 km/hora en menos de seis segundos. Muchas empresas automotrices líderes ya se disputan la vanguardia tecnológica para dominar el mercado de los autos eléctricos que, se augura, será el dominante de cara al futuro,¹⁷⁷ como lo presenta la siguiente gráfica:¹⁷⁸

¹⁷⁷ Geopolítica del Litio (2015), pp. 25-26.

¹⁷⁸ Conozca el A, B y C del litio, el remedio contra la depresión petrolera internacional, América Economía...



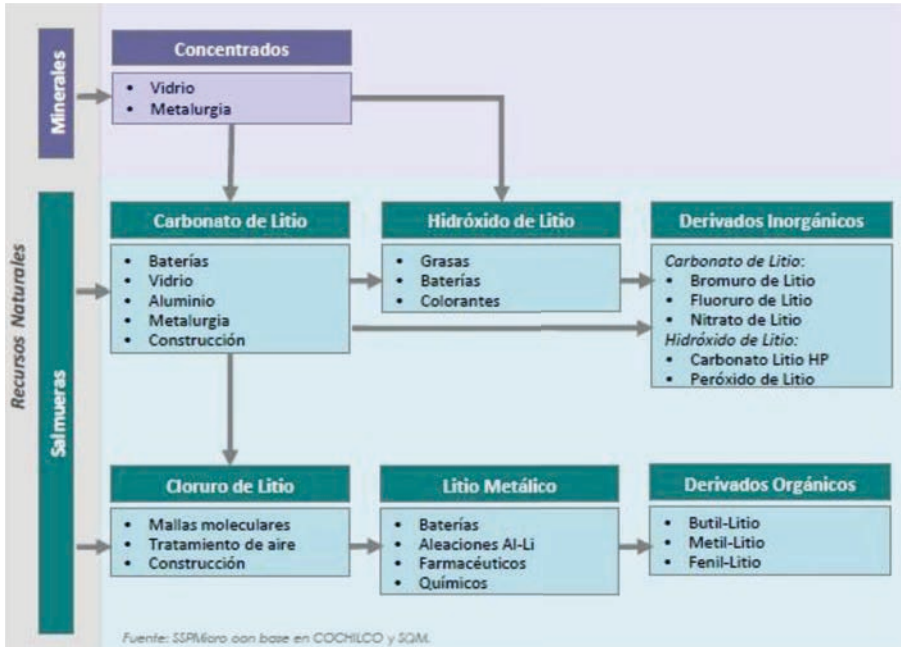
La industria distingue tres tipos básicos o calidades de compuestos de litio.

- Grado industrial, que implica una pureza de más de 96% para vidrio, fundente y lubricante.
- Grado técnico, con una pureza de alrededor de 99.5% para cerámica, lubricantes y baterías.
- Grado batería, con pureza de más de 99.5%, especialmente para materiales de cátodo de batería de gama alta.

Una más alta pureza se logra a partir de procesamientos adicionales al mineral, el cual es independiente del país de origen.

Lo señalado podemos graficarlo con el siguiente esquema:¹⁷⁹

¹⁷⁹ *Litio. Informes de cadenas de valor 2018*, Buenos Aires, Secretaría de Política Económica, Subsecretaría de Programación Microeconómica, Ministerio de Hacienda, 2018, p. 7.



Pese al cuestionamiento, entendible, de que la explotación del litio continuaría el modelo del extractivismo, que —como veremos en el capítulo siguiente— tanto daño ha hecho al medio ambiente y a las comunidades rurales e indígenas,¹⁸⁰ la verdad es que se trata de una posibilidad esencial e histórica para México, tomando en cuenta el potencial de los yacimientos encontrados, los cuales ayudarán a diversificar el sector minero en nuestro país.

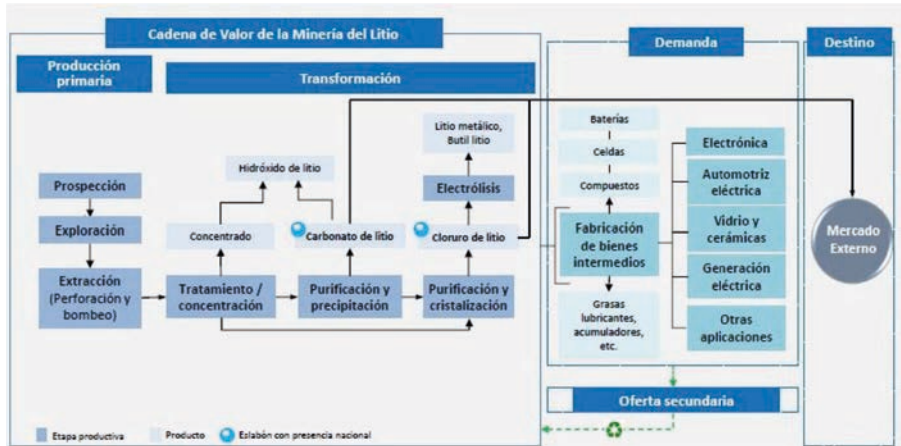
III. GEOGRAFÍA DE LAS FUENTES DEL LITIO EN EL MUNDO

1. *Formas de extracción del litio*

La extracción del litio se realiza por perforación y bombeo, y se procesa y comercializa como producto químico.

¹⁸⁰ Lacabana, Miguel, “Litio, ambiente y globalización”, *Revista de Ciencias Sociales*, segunda época, vol. 7, núm. 34, Argentina, Universidad Nacional de Quilmes, 2018, p. 11.

En México se realiza la primera transformación, y se obtiene carbonato y, en menor medida, cloruro, productos que se destinan en su totalidad al mercado mundial.¹⁸¹



El litio se extrae a partir de tres tipos de depósitos: salmueras, pegmatitas y rocas sedimentarias.

a. *Salmueras*

Representan alrededor de 66% de los recursos de litio a nivel mundial y se encuentran principalmente en las salinas de Chile, Argentina, China y el Tíbet.

La composición de las salmueras, en cuanto a los niveles de contenido de litio, varía considerablemente, y también cambia la presencia de otros elementos, como potasio, sodio, calcio, magnesio, hierro, boro, bromo, cloro, nitratos, cloruros, sulfatos y carbonatos, lo cual requiere que cada salmuera sea tratada en forma particular, de acuerdo con su composición. En general, la extracción de litio a partir de fuentes de salmuera ha demostrado ser más rentable que la producción a partir del mineral de roca dura (pegmatitas). Aun cuando la producción de litio de roca dura en algún tiempo

¹⁸¹ *Litio. Informes de cadenas de valor 2018, op. cit.*, p. 6.

dominó el mercado, ahora la mayoría de carbonato de litio que se produce es a partir de salmueras continentales, debido, sobre todo, al menor costo de producción.

Hay tres tipos de depósitos de salmuera: continental, geotérmicos y campos petrolíferos. El más común es en cuencas continentales del desierto salino (también conocidos como lagos de sal, salinas o salares). Están ubicados cerca de aparatos volcánicos y se componen de arena, minerales y agua con altas concentraciones de sales disueltas.

- Salmueras continentales: forma más común de salmuera que contiene litio. La mayor parte de la producción de litio mundial proviene de este tipo. El mejor ejemplo son los 3,000 kilómetros cuadrados del salar de Atacama, en Chile, que contiene una concentración de litio promedio de alrededor de 0.14% (los más altos conocidos). Los recursos de litio se estiman en 6.3 millones de toneladas. Dos de los productores de litio más importantes del mundo: Sociedad Química y Minera (NYSE: SQM) y Rockwood Holdings (NYSE: ROC), operan en el Salar de Atacama, el cual produce más de la mitad de litio que se consume en el mundo.
- Salmueras geotérmicas: representan 3% de los recursos mundiales conocidos de litio y se componen de una solución salina caliente, concentrada, que ha circulado a través de rocas de la corteza terrestre en áreas de flujo de calor extremadamente alto y se enriquecen con elementos como el litio, boro y potasio.
- Pequeñas cantidades de litio se encuentran en las salmueras de Wairakei, Nueva Zelanda; Reykanes, en Islandia; y El Tatio, en Chile. El mar de Saltón, en el sur de California, es el ejemplo más conocido de una salmuera geotérmica que contiene litio. Simbol Materials, es una compañía privada con sede en California, que produce carbonato de litio de alta pureza a partir de salmuera producida por la descarga de una planta de energía geotérmica que operan en el mar de Saltón. La compañía utiliza un proceso de ósmosis inversa que elimina la necesidad de evaporación solar, haciendo que las operaciones sean más rentables. Simbol espera aumentar la producción de 8,000 toneladas al año a 64,000 toneladas en 2020.
- Salmueras de campos petrolíferos: salmueras de litio enriquecido también se pueden encontrar en algunos yacimientos profundos de petróleo, que representan 3% de los recursos mundiales conocidos. Dakota del Norte, Wyoming, Oklahoma, Arkansas y el este

de Texas son el hogar de las salmueras de campos petroleros con concentraciones de hasta 700 mg/l.

b. *Depósitos pegmatita o depósitos “roca dura”*

Regmatita es la roca ígnea intrusiva de grano grueso, formada a partir de magma cristalizado dentro de la corteza terrestre, la cual puede contener diversas cantidades extraíbles de elementos, que incluyen litio, estaño, tantalio y niobio. Esta forma de depósito representa 26% de los recursos mundiales conocidos de litio.

Del mineral de roca dura que contiene litio se le extrae a través de la explotación de minas a cielo abierto o subterránea, usando las técnicas mineras tradicionales. El mineral es procesado y se concentra usando una variedad de métodos antes de su uso directo o su posterior transformación en compuestos de litio. El procedimiento para la extracción de litio de pegmatita o mineral de roca dura tiene un costo alto, lo que significa que dichos depósitos están en desventaja en comparación con los de salmuera; sin embargo, la concentración de litio en pegmatitas es considerablemente más alto que en las salmueras, de tal manera que depósitos con valores muy altos de litio pueden todavía ser económicamente viables. La producción de otros recursos, como estaño y tantalio, ayudan a compensar los costos de procesamiento. El litio en pegmatitas se encuentra más comúnmente en el mineral espodumena, pero también en petalita, lepidolita, ambligonita y eucryptita. Alaska, el norte de Ontario, Quebec, Irlanda y Finlandia son regiones conocidas por sus yacimientos de litio en pegmatitas. Uno de los principales se ubica en Greenbushes, Australia, y tiene un recurso estimado de 560,000 toneladas de mineral de litio, con una concentración media de alrededor de 1.6 por ciento.

c. *Rocas sedimentarias que contienen litio*

Estos depósitos representan 8% de los recursos mundiales de litio conocidos, y se encuentran en depósitos de arcilla y en evaporitas lacustres.

- Depósitos de arcilla: en los depósitos de arcilla, el litio forma parte de la estructura cristalina, se encuentra en el mineral esmectita. El tipo más común de esmectita es la hectorita, rica en magnesio y litio. Recibe su nombre de un depósito que contiene 0.7% de litio que se encuentra en Héctor, California.

- Kings Valley (Nevada) alberga otro depósito de hectorita con un estimado de 48.1 millones de toneladas como recursos indicados y 42.3 millones de toneladas de recursos inferidos con una ley de 0.27% de litio. Asimismo, el litio en las arcillas puede resultar también del enriquecimiento secundario, por efecto del movimiento de aguas termales subterráneas.
- Evaporitas lacustres: la forma más conocida de un depósito lacustre que contiene litio se encuentra en el valle de Jadar en Serbia, donde se encuentra el mineral jadarita (compuesto de sodio, litio, boro, silicio, hidrógeno y oxígeno). Este depósito, propiedad del gigante minero Rio Tinto, al parecer alcanza un recurso inferido de 125.3 millones de toneladas de jadarita que contiene óxido de 1.8%. El proyecto se encuentra en la etapa de exploración, pero la compañía cree que el yacimiento “es una de las fuentes más grandes de litio desarrolladas en el mundo, con el potencial de suministrar más de 20% de la demanda de litio”.

2. Porcentaje de concentración de litio a nivel mundial

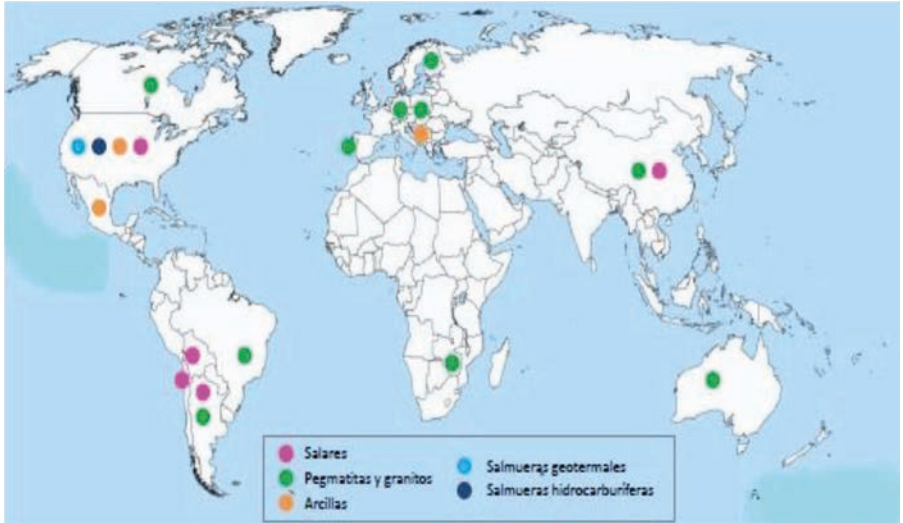
La producción mundial de litio está muy concentrada. Hasta hace poco, los mayores depósitos de litio del mundo se encontraban en el salar de Atacama (Chile), en el salar de Hombre Muerto (Argentina), en el salar de Uyuni (Bolivia), en Silver Peak (Nevada, Estados Unidos), en el lago Taijinaier (Qinghai, China), y en el lago Zhabuye (Tíbet).¹⁸² Los tres primeros (Chile, Argentina y Bolivia) conformaban 85% de las reservas descubiertas de litio del mundo, el denominado “triángulo del litio” (*Puna plateau*).¹⁸³

La distribución geográfica se observa en el siguiente mapa.¹⁸⁴

¹⁸² Aguilar, Francisco y Zeller, Laura, *Litio. El nuevo horizonte minero. Dimensiones sociales, económicas y ambientales*, Córdoba (Argentina), Centro de Derechos Humanos y Ambiente, 2012, p. 9.

¹⁸³ *Litio, la paradoja de la abundancia*, Argentina, Red de Asistencia Jurídica contra la Megaminería, 2017, p. 1. Disponible en <https://bit.ly/3bM7nVe>

¹⁸⁴ *Litio. Informes de cadenas de valor 2018*, op. cit., p. 5.



Sin embargo, hace pocos meses se confirmó el hallazgo de un yacimiento en Bacadéhuachi (sierra alta de Sonora), en un proyecto conjunto de la empresa canadiense Bacanora Lithium y la china Ganfeng Lithium, que contiene el mayor depósito de litio del mundo, el cual cuenta con reservas por 243 millones de toneladas.¹⁸⁵ El mencionado “triángulo del lito” aún tiene reservas estimadas en 68%, mientras que el yacimiento de Sonora (que encabeza el “top 10” de las minas de litio más grandes del mundo y fue concesionado durante el sexenio de Peña Nieto) cuenta con reservas probadas y probables de 243 millones de toneladas, dejando en un lejano segundo lugar a Thacker Pass (Humboldt, Nevada, Estados Unidos), con 179.4 millones de toneladas; mientras en el tercer lugar se encuentra la australiana Wodgina Litio, con unas 151 millones de toneladas del mineral.¹⁸⁶

¹⁸⁵ Carbajal, Braulio, “Megayacimiento da a México boleto a la carrera del litio”, México, *La Jornada*, 5 de diciembre de 2019, p. 25. Disponible en <https://bit.ly/2XagKJY>

¹⁸⁶ *Idem*.

3. *Potencial geológico minero en México*

a. *Baja California*¹⁸⁷

La empresa Pan American Lithium es la encargada de estudiar el reprocesamiento de una salmuera residual, producto de la operación de la planta de generación geotérmica de Cerro Prieto, perteneciente a la Comisión Federal de Electricidad.

b. *San Luis Potosí-Zacatecas*¹⁸⁸

El Proyecto se ubica en la parte occidental del estado de San Luis Potosí, en el Altiplano semidesértico limítrofe con Zacatecas, dentro de los municipios de Salinas, Santo Domingo, Villa de Ramos, en SLP y Villa de Cos, en Zacatecas.

Las rocas que afloran en el área de estudio están constituidas por material volcánico y sedimentario de origen continental representadas por:

- Formación Chilito: secuencia vulcanosedimentaria constituida por lavas de composición dacítica y andesítica con intercalaciones de lavas acojinadas y lajares formados en el Cretácico inferior.
- Conglomerado rojo de Zacatecas: conglomerado polimíctico formado por fragmentos de tobas de composición andesítica y basáltica, así como por metasedimentos, rocas volcánicas cementadas con calcita y arcilla que datan del Terciario.
- Depósitos lacustres: constituidos por limos, arcillas, lentes de conglomerados y posiblemente capas de sales (cloruro de potasio y de sodio) y horizontes de yeso, los cuales quedaron depositados en lagunas, lo que permitió la evaporación de las aguas que confluyen en la cuenca y la consecuente precipitación de sales de sodio mixtas con otros materiales que conforman este depósito.

El proyecto pretende explotar un depósito de sales de litio y de potasio que se encuentra en sedimentos arcillosos y en salmueras de evaporación formando lagunas, las cuales tienen formas de semicircular a elipsoide y mi-

¹⁸⁷ Servicio Geológico Mexicano.

¹⁸⁸ *Idem.*

den en promedio 2.5 kilómetros de largo por 1 kilómetro de ancho, y están distribuidas a lo largo de un alineamiento de 100 kilómetros de largo dentro de cuencas endorreicas. Los estudios realizados a la fecha por la empresa Litiomex, S.A. de C.V., indican un gran potencial, y estiman recursos del orden de los ocho millones de toneladas de litio equivalente.

c. Sonora

Bacanora Minerals es la firma que desarrolla el proyecto de litio de Sonora, y que esperaba producir 17,500 toneladas de carbonato de litio para 2019-2020, para luego aumentarlo a 35,000 toneladas anualmente. El proyecto se encuentra 180 kilómetros al noreste de Hermosillo, dentro del municipio de Bacadéhuachi, Sonora.

Las rocas que afloran en el área de estudio son rocas volcánicas representadas litológicamente por basalto-andesita, riolita e ignimbrita, así como por dos horizontes de arcilla constituidos básicamente por material volcánico, que desde el punto de vista económico resultan atractivas por sus contenidos de litio.

- Unidad de arcilla inferior: consta de varias subunidades de material tobáceo intercaladas con capas de arcilla ricas en litio que presenta un espesor promedio de 27 metros.
- Unidad de arcilla superior: constituida por varias subunidades de arcilla rítmicamente laminadas y capas de sílice, indicativos de un ambiente de aguas termales; arenisca color marrón de grano grueso mal clasificada, con una matriz arcillosa y calcárea; franjas de arcilla color verde amarillento con nódulos de sílice; bandas de arcilla gris oscuro y masas de calcita; capas de lutita gris claro intercaladas con capas de arena de color rojizo; arenisca rojiza de grano grueso con vetillas de calcita, cuyo espesor promedio es de 28 metros.

La mineralización de litio, como se indicó anteriormente, se encuentra en dos horizontes denominados unidades de arcilla superior e inferior, separados por una capa de ignimbrita. La unidad de arcilla inferior alberga arcillas cuya principal composición es íltica (*polyolithionite*), con valores de litio en un rango de 38 a más de 10,000 ppm, con un espesor promedio de 27 metros. La unidad superior de arcilla, por su parte, alberga arcillas con mineral de litio que pertenecen principalmente a la familia de la esmectita (hectorita), con valores de litio en el rango de 41 a 6,200 ppm, con un es-

pesor promedio de 28 metros. Los estudios realizados a la fecha por la empresa que está explorando estiman un potencial de 43,3 millones de toneladas como recursos inferidos con una ley de 0.30% de litio. El depósito se encuentra cerca de la superficie, donde puede ser extraído por métodos a cielo abierto.

IV. ALGUNAS EXPERIENCIAS INTERNACIONALES EN LA PRODUCCIÓN, EXPLORACIÓN, EXPLOTACIÓN Y BENEFICIOS DEL LITIO

1. *Argentina*

La explotación del litio en Argentina constituye un sector estratégico. Por ejemplo, en 2017 las exportaciones de dicho mineral alcanzaron US\$ 224 millones (+17%, 7% del total de exportaciones metalíferas),¹⁸⁹ esto implicó unos US\$ 67 millones para el periodo 2008-2017, menor aún en relación con otros minerales, como el oro (US\$ 1,016 millones), el cobre (US\$ 883 millones) y la plata (US\$ 238 millones).¹⁹⁰

Argentina tiene un tratamiento jurídico sobre el litio ya de larga data. Originalmente considerados como potenciales fuentes de insumos críticos para la industria y la defensa local en el marco de la Guerra Fría, los yacimientos argentinos de litio en salmueras fueron transformados en recursos provinciales sujetos al sistema de libres concesiones legales para la explotación en forma de enclaves mineros. El proyecto que hoy explota la empresa estadounidense Rockwood sobre el salar del Hombre Muerto pertenecía originalmente a la Dirección General de Fabricaciones Militares (DGFM), que, entre las décadas de 1960 y 1970, exploró los salares de la Puna interesada por los usos del litio en la fusión nuclear.¹⁹¹ Sería durante la última dictadura militar argentina cuando se incorporaría el litio entre las sustancias concesibles del Código de Minería, y en 1982 se intentó transferir el proyecto de la estatal DGFM a la estadounidense FMC (actual Blackwood, entonces Lithco —Lithium Corporation of America—), proyecto fallido tras la derrota en la guerra de las Malvinas y el paso a los gobiernos democráticos civiles.¹⁹² Sería hasta 1991 cuando se otorgó el contrato de explotación,

¹⁸⁹ *Litio. Informes de cadenas de valor 2018, op. cit.*, p. 3.

¹⁹⁰ *Ibidem*, p. 4.

¹⁹¹ Nacif, Federico, “El ABC del litio sudamericano”, *Revista de Ciencias Sociales* (segunda época), núm. 34, Argentina, Universidad Nacional de Quilmes, 2018, p. 51.

¹⁹² *Ibidem*, p. 52.

reconociéndose a la DGFM y a la provincia de Catamarca una pequeña participación (2.5% para cada una) y la designación de un miembro en el directorio de la flamante Minera del Altiplano, S.A., misma que se haría cargo del proyecto.

En los años siguientes, las reformas legales e institucionales impulsadas por el Banco Mundial para el Proyecto de Apoyo al Sector Minero Argentino (PASMA), no harían más que consagrar un régimen sectorial diseñado a la medida de las corporaciones mineras que ya se habían radicado en dicho país.

El marco regulatorio argentino para el litio es el mismo que para la minería de otros metales. Las principales normas en la materia son:

- Código de Minería (texto ordenado en 1997): ordenamiento de las condiciones para la exploración y explotación.
- Ley N° 24.196/93 de Inversiones Mineras.¹⁹³ Ley en la materia, establece los siguientes puntos:
 - Instaura un régimen impositivo especial.
 - Estabilidad fiscal por 30 años.
 - Doble deducción de gastos de prospección y exploración.
 - Régimen de amortización acelerada deducible del impuesto a las ganancias de las inversiones de capital.
 - Devolución anticipada del crédito fiscal IVA por compras o importaciones de bienes y servicios para exploración.
 - Exención de Derechos de Importación de bienes de capital, repuestos, accesorios y determinados insumos.
 - Previsión para Conservación del Medio Ambiente deducible del impuesto a las ganancias.
 - Regalías: las provincias no podrán cobrar un porcentaje superior a 3% sobre el valor boca de mina (descontados los costos de su producción).

El Código de Minería argentino ha organizado la propiedad minera con base en distintos parámetros que contemplan tanto los diversos tipos de minerales como la manera en que se presentan en el subsuelo. En el caso del litio, lo considera dentro de las “minas de primera categoría”, junto al oro,

¹⁹³ Ley N° 24.196/93 de Inversiones Mineras, promulgada el 19 de mayo de 1993, disponible en <https://bit.ly/2VDVT0z>

plata, platino, mercurio, cobre, hierro, plomo, estaño, zinc, níquel, cobalto, bismuto, manganeso, antimonio, wolframio, aluminio, berilio, vanadio, cadmio, tantalio, molibdeno y potasio (artículo 3.a).

En relación con los minerales metalíferos, el referido cuerpo legal dispone normas diferentes, según la manera en que aquellos se encuentren, ya sea diseminados o en vetas, es decir, vetiforme.

El proceso de adquisición de la concesión culmina en el acto de mensura, donde se demarcan los límites de las pertenencias que forman la concesión.

Los artículos 72 y siguientes del Código argentino señalan las normas aplicables para delimitar las pertenencias que constituyen las unidades de la concesión, las cuales se miden por la longitud (o línea mayor) y la latitud (o línea menor) y deben, en lo posible, tener forma de rectángulo o de cuadrado.

La longitud debe seguir el rumbo del criadero, el rumbo medio, mientras que la latitud perpendicular mide la inclinación o recuesto.

Las dimensiones de las pertenencias varían, como hemos indicado, según diversos parámetros. Para los minerales metalíferos, en general, las pertenencias tienen superficies de 300 m de longitud y 200 m de latitud, que puede extenderse a 300 m. Los minerales de hierro y carbón tienen pertenencias de mayor dimensión, por ejemplo, que las de yacimientos de oro, plata o cobre; efectivamente, aquello ocurre cuando las concesiones son entregadas a sociedades.

Cuando el mineral metalífero se encuentra diseminado en el subsuelo, el legislador ha establecido que la pertenencia es de 100 ha, atento a que la manera diseminada en que se presentan hace imposible la extracción por medio de túneles y trincheras, propio de los minerales de veta, por lo que se necesitan extensiones de terreno mucho más extendidas para realizar la extracción, lo que justifica la mayor superficie de las pertenencias.

Estas normas que hemos mencionado brevemente son aplicables a los minerales en general, pero el litio y el potasio presentan algunas características peculiares.

Las pertenencias de ambos minerales tienen una dimensión de 100 ha en igualdad de condiciones que el mineral metalífero diseminado; es decir, no se aplican las normas sobre recuestos y criaderos, ni las menores dimensiones aplicables a los minerales vetiformes.

En el caso de los minerales en forma de diseminados, la *ratio legis* consiste en compensar con una mayor superficie concesible la presunta me-

nor ley de mineral que se encontrará, si se compara con el mineral de vetas.¹⁹⁴

Actualmente, el litio de salar tiene una menor ley que su similar de roca, lo cual es una razón adicional al acierto del codificador en esta materia.

De todas formas, se encuentra en trámite un proyecto de Ley, “Régimen Legal de la Explotación del Litio y sus Derivados”, que “tiene por objeto establecer los instrumentos para la exploración, explotación, comercialización e industrialización del litio y sus derivados, garantizando, como resultado de estas actividades, el desarrollo sustentable en los aspectos económicos, sociales y ambientales”. Igualmente, indica el proyecto que: “El Estado Nacional reconoce en beneficio de las provincias dentro de cuyos límites se explotaren yacimientos de litio por empresas estatales, privadas o mixtas una participación en el producto de dicha actividad, pagadera en efectivo y equivalente al monto total que el Estado Nacional perciba, a través de Yacimientos Estratégicos de Litio Sociedad del Estado, por dicha explotación”.

2. Bolivia

Como otros países que tiene un rol protagónico en la explotación mundial del litio, los primeros intentos de explotación de tal recurso se remontan a las investigaciones realizadas desde la década de 1970 por el Departamento de Geociencias de la Universidad Mayor de San Andrés (UMSA) y la Office de la Recherche Scientifique Technique Outre Mer (ORSTOM) y las llevadas adelante por la Universidad Tomas Frías de Potosí (UATF), en coordinación con la Universidad de Freiberg de Alemania, cuyos investigadores, ya desde esa década, desarrollaban trabajos sobre el origen, contenido y estructura de sales y salmueras del salar de Uyuni. Las investigaciones de UMSA-ORSTOM concluyeron en 1983, señalando la presencia de grandes recursos evaporíticos de litio, potasio, boro y magnesio.¹⁹⁵

A nivel normativo, la fracción I del artículo 349 de la Constitución boliviana establece que “los recursos naturales son de propiedad y dominio directo, indivisible e imprescriptible del pueblo boliviano, y corresponderá al Estado su administración en función del interés colectivo”. De todas formas, hay que tener en cuenta que el artículo 352 constitucional boliviano

¹⁹⁴ Catalano, Edmundo, *Código de Minería Comentado*, Buenos Aires, Zavalía, 1997, p. 189.

¹⁹⁵ López, Andrés, Obaya, Martín, Pascuini, Paulo y Ramos, Adrián, *Litio en la Argentina: oportunidades y desafíos para el desarrollo de la cadena de valor*, Buenos Aires, Banco Interamericano de Desarrollo, 2019, p. 112.

establece el derecho a la celebración de la consulta previa, libre e informada, en los territorios donde existirá explotación minera:

La explotación de recursos naturales en determinado territorio estará sujeta a un proceso de consulta a la población afectada, convocada por el Estado, que será libre, previa e informada. Se garantiza la participación ciudadana en el proceso de gestión ambiental y se promoverá la conservación de los ecosistemas, de acuerdo con la Constitución y la ley. En las naciones y en los pueblos indígenas originarios campesinos la consulta tendrá lugar respetando sus normas y procedimientos propios.

A pesar de lo anterior, el apartado constitucional boliviano referido a la Minería y Metalurgia (fracción II del artículo 369), donde se habla de los recursos de los salares (principal ubicación de los yacimientos de litio), no se establecen específicamente derechos a la participación y a la consulta ni de los departamentos ni de las municipalidades, así como tampoco respecto de la distribución de beneficios.

A nivel secundario, el principal marco normativo boliviano sobre el tema es la Ley de Minería y Metalurgia.¹⁹⁶ Señala la fracción I del artículo 2 de esta Ley que

Los recursos minerales, cualquiera sea su origen o forma de presentación existentes en el suelo y subsuelo del territorio del Estado Plurinacional de Bolivia, son de propiedad y dominio directo, indivisible e imprescriptible del pueblo boliviano; su administración corresponde al Estado con sujeción a lo previsto en la presente Ley.

Agrega la fracción II de dicho artículo que “Ninguna persona natural o colectiva, aun siendo propietaria del suelo, podrá invocar la propiedad sobre los recursos minerales que se encuentren en el suelo y subsuelo”.

En este sentido, el artículo 8.I indica que “los recursos minerales y las actividades mineras son de carácter estratégico, de utilidad pública y necesidad estatal para el desarrollo del país y del pueblo boliviano”, y, por ende, “Se declara de carácter estratégico y de prioridad nacional la industrialización de minerales y metales producidos en el territorio nacional” (fracción I del artículo 9).

Según el artículo 25 de la Ley de Minería y Metalurgia, existe un derecho de preferencia de las mineras estatales bolivianas. Asimismo, el artículo 26 de la misma Ley señala que el Estado, mediante Ley, “podrá reservar

¹⁹⁶ Ley Núm. 535, de 19 de mayo de 2014.

minerales estratégicos para explotación exclusiva por parte de empresas estatales, respetando derechos pre-constituidos o adquiridos”; entre otras áreas reservadas, precisamente está el salar de Uyuni, principal como reserva para la explotación del litio. Es de importancia la fracción IV del artículo 26, que indica: “Se declara al litio y al potasio como elementos estratégicos cuyo desarrollo se realizará por empresas públicas mineras”.

El artículo 27 señala una limitación para la explotación de recursos radiactivos: “Se prohíbe la explotación de minerales radioactivos por actores productivos no estatales”.

El artículo 28 de la Ley refiere que son actores productivos del sector minero boliviano la industria minera estatal, la industria minera privada y las cooperativas mineras. Para efectos de dicha Ley, las cooperativas mineras son instituciones sociales y económicas autogestionarias de interés social sin fines de lucro (artículo 34).

Los derechos mineros, acorde a lo que indica el artículo 92 de la Ley, otorgan a los titulares la potestad de prospectar, explorar, explotar, concentrar, fundir, refinar, industrializar y comercializar los recursos minerales, mediante actividades mineras propias y complementarias en toda o parte de la cadena productiva minera.

No se podrán realizar actividades mineras, entre otros lugares, dentro de ciudades, poblaciones, cementerios y construcciones públicas o privadas; en la proximidad de carreteras, canales, ductos, vías férreas, líneas de transmisión de energía y comunicaciones, hasta los cien (100) metros; en proximidades de cabeceras de cuenca, lagos, ríos, vertientes y embalses; y, en la proximidad de aeropuertos, hasta mil (1000) metros (artículo 93).

Indica el artículo 111 de la Ley que los titulares de derechos mineros tendrán el derecho de aprovechamiento de aguas naturales que discurren en el área minera y aguas alumbradas de interior en mina o en superficie, previa autorización de la autoridad competente de agua; pero se agrega que en ningún caso corresponde el derecho de aprovechamiento de aguas ni la autorización administrativa cuando se interrumpa, perjudique o vulnere derechos respecto a la provisión de agua para consumo humano, riego y medio ambiente.

La principal institución estatal en la materia es la Autoridad Jurisdiccional Administrativa Minera (AJAM). Esta se encarga por mandato legal de, entre otras facultades, recibir y procesar las solicitudes para contratos administrativos mineros de las áreas mineras con contratos de arrendamiento con la Corporación Minera de Bolivia (COMIBOL) que corresponden a las cooperativas mineras; recibir y procesar las solicitudes para licencias de pros-

pección y exploración, y nuevos contratos administrativos mineros, en cada caso, sobre áreas libres; recibir y procesar las solicitudes para licencias de prospección aérea; suscribir a nombre del Estado los contratos administrativos mineros; procesar y declarar la nulidad de derechos mineros; resolver los casos de nulidad y anulabilidad; declarar la nulidad total o parcial de licencias de prospección y exploración y de contratos administrativos mineros respecto de áreas mineras que hubieren resultado sobrepuestas a áreas mineras legalmente reconocidas a favor de terceros; y actuar en los procedimientos y procesos de resolución de los contratos administrativos mineros.

En cuanto a las regalías provenientes del litio, indica el artículo 227 que la alícuota de la Regalía Minera se determina en 3% para el carbonato de litio.

En abril de 2017 fue promulgada la Ley Núm. 928, por la que se crea Yacimientos de Litio Bolivianos, en sustitución de la Gerencia Nacional de Recursos Evaporíticos dependientes de la COMIBOL.¹⁹⁷ Esto iba como complemento de uno de los proyectos del depuesto gobierno de Evo Morales era la industrialización de toda la minería hacia 2025.¹⁹⁸

3. Chile

Este país sudamericano tiene una larga historia de comprensión de la importancia estratégica del litio. En la década de 1940, inició estudios sobre la legislación de la explotación de este material y otros de interés nuclear.¹⁹⁹ En 1969 se iniciaron exploraciones en el salar de Atacama (uno de los yacimientos actuales más importantes de litio en el mundo), a cargo del Instituto de Investigaciones Geológicas (IGG), y en 1970 se puso en marcha un programa de prospección llevado adelante por la Corporación del Fomento de la Producción (CORFO).²⁰⁰

Chile fue el primer país en establecer acuerdos con la industria química estadounidense para la exploración, investigación y producción de carbonato de litio a partir de salmueras.

¹⁹⁷ Disponible en <https://bit.ly/2Y6E1NB>

¹⁹⁸ “Industrialización minera al 2025”, La Paz, Ministerio de Minería, 2015, p. 8, disponible en <https://bit.ly/2Wa2b7n>

¹⁹⁹ Nacif, Federico y Lacabana, Miguel (coords.), *El ABC del Litio Sudamericano. Soberanía, ambiente, tecnología e industria*, Argentina, Universidad Nacional de Quilmes, 2015, p. 368.

²⁰⁰ López, Andrés, Obaya, Martín, Pascuini, Paulo y Ramos, Adrián, *Litio en la Argentina: oportunidades y desafíos para el desarrollo de la cadena de valor*, op. cit., p. 106.

A mediados de los años setenta, la dictadura cívico-militar de Pinochet dio origen a los dos mayores proyectos de litio del mundo, con los que se permitió el ingreso de una empresa estadounidense y se privatizó la empresa pública Sociedad Química SQM. Sin embargo, la declaración de “recurso estratégico” en 1979, por su utilidad para la energía nuclear, impidió el avance de las concesiones sobre las demás reservas públicas, a través del Decreto Ley Núm. 2.886, de 1979.²⁰¹ Como paradoja, dicha barrera nacionalista no hizo más que proteger de futuros competidores a las dos explotaciones de litio en salmueras que se inaugurarían en las siguientes décadas para abastecer el mercado mundial.

A mediados de la década de 1980, la CORFO impulsó un gradual proceso de privatización de todas sus acciones sobre las dos empresas extractivas que poseían derechos sobre sus propias pertenencias y dio forma al modelo productivo y tecnológico vigente en la actualidad: la Sociedad Chilena del Litio (SCL), adquirida totalmente por la socia privada Foote Minerals Comp., luego de inaugurar sobre el salar de Atacama la primera explotación de litio en salmueras en 1984 (actualmente en manos de Rockwood-Albemarle); y la Sociedad Química y Minera (SQM), gradualmente transferida a manos de la canadiense Potash Corp. y de Julio Ponce Lerou, por entonces yerno de Pinochet, gerente de la CORFO y presidente de la propia SQM privatizada que, de esa forma, logró inaugurar en 1997 la mayor producción de litio del mundo.

En Chile, el Código Minero y la Ley Orgánica Constitucional Minera de 1983 (ya señaladas en el capítulo cuarto) establecen que el litio es un recurso estratégico, por lo que no está permitida la explotación de privados ni su concesión (artículo 7 del Código de Minería).

Éste quedó al margen de la Ley Orgánica Constitucional de Concesiones Mineras de 1981, por ser un material estratégico en la fusión nuclear, es decir, clave para la energía nuclear y por entender que para el país el control de un mineral estratégico en la industria de los países avanzados es una ventaja única para el Estado y, en definitiva, para la salud de las cuentas fiscales y de la futura infraestructura del país. Según el artículo 2 de la Ley núm. 16.319 (que crea la Comisión Chilena de Energía Nuclear),²⁰² se declara al

²⁰¹ Decreto Ley Núm. 2.886, que Deja Sujeta a las Normas Generales del Código de Minería la Constitución de Pertenencia Minera sobre Carbonato de Calcio, Fosfato y Sales Potásicas, Reserva el Litio en favor del Estado e Interpreta y Modifica las Leyes que se Señalan, publicado en el *Diario Oficial de la República de Chile* de 14 de noviembre de 1979.

²⁰² Publicada en el *Diario Oficial de la República de Chile* de 23 de octubre de 1965; última reforma de 1 de febrero de 2010.

litio como material de interés nuclear;²⁰³ además, de acuerdo con el artículo 8 de la misma Ley, se determina que el litio extraído y los concentrados derivados o compuestos no podrán ser objeto de ningún acto jurídico, sino cuando se ejecute por la Comisión Chilena de Energía Nuclear, con esta o con su autorización previa.²⁰⁴

Por ende, la exploración o explotación de litio sólo podrán aprovecharse o ejecutarse por el Estado en forma directa, por las empresas del Estado, mediante concesiones administrativas y mediante contratos especiales de operación “...con los requisitos y bajo las condiciones que el Presidente de la República fije, para cada caso, por decreto supremo”. Únicamente el Estado puede disponer de las reservas de explotación del litio, exceptuando las constituidas antes de la publicación de la ley, correspondientes a SQM (ex Soquimich) y la Sociedad Chilena del Litio (SCL).

Actualmente, se encuentra en su primer trámite en el Legislativo chileno un proyecto de ley ingresado en 2018 para establecer, en favor del Estado, una compensación, denominada *royalty* minero, por la explotación de la minería del cobre y del litio.²⁰⁵ Esto, dado que no existe en Chile un *royalty* a la minería propiamente tal, desde el punto de vista de la teoría económica, sino que sólo un impuesto específico a la minería. Para estos efectos, el proyecto establece una compensación a favor del Estado por la explotación de la minería del cobre y del litio, equivalente al 3% del valor nominal de los minerales extraídos. Dicha compensación deberá destinarse a obras de desarrollo en los municipios donde se encuentren los yacimientos respectivos

²⁰³ “Artículo 2°. Para los efectos de la presente ley se entiende por energía atómica la generada por procesos o fenómenos nucleares, tales como la fisión y la fusión nuclear y la emisión de partículas y de radiaciones.

Para los mismos efectos, los términos *energía nuclear* y *energía atómica*, son sinónimos.

Para iguales efectos: a) son materiales atómicos naturales o materiales nucleares naturales, el uranio y el torio, y cualquiera otro que determine la ley, y b) son materiales de interés nuclear: zirconio, niobio, titanio, hafnio, berilio, cadmio, cobalto, litio, agua pesada, helio, uranio y torio, estos dos últimos con los elementos de sus series radiactivos, gadolinio y cualquiera otro que se determine por decreto supremo...”.

²⁰⁴ “Por exigirlo el interés nacional, los materiales atómicos naturales y el litio extraídos, y los concentrados, derivados y compuestos de aquéllos y éste, no podrán ser objeto de ninguna clase de actos jurídicos sino cuando ellos se ejecuten o celebren por la Comisión Chilena de Energía Nuclear, con ésta o con su autorización previa. Si la Comisión estimare conveniente otorgar la autorización, determinará a la vez las condiciones en que ella se concede. Salvo por causa prevista en el acto de otorgamiento, dicha autorización no podrá ser modificada o extinguida por la Comisión ni renunciada por el interesado”.

²⁰⁵ Boletín N°12093-08. Establece en favor del Estado una compensación, denominada *royalty* minero, por la explotación de la minería del cobre y del litio, disponible en <https://bit.ly/2Y8xC4C>

de donde se extraiga el mineral, que permitan mitigar los efectos ambientales y sociales que produzca la actividad minera.²⁰⁶

También se encuentran pendientes de tramitación, en el Legislativo chileno, los proyectos de ley que consagra, a nivel constitucional, la explotación directa del litio por el Estado de Chile; que crea la Empresa Nacional del Litio; que declara a los materiales atómicos naturales y del litio como sustancias de valor estratégico, no susceptibles de concesión, y reserva al Estado su exploración, explotación y beneficio; entre otros de la materia.

V. MÉXICO FRENTE AL LITIO

De acuerdo con la experiencia comparada, vista en párrafos anteriores, hay antecedentes (Chile) que vinculan este mineral a la industria nuclear, en cuyo caso dicho dato podría iniciar el debate de tutela en nuestro país. En efecto, dado su carácter estratégico en usos industriales, en general, y el antecedente nuclear, México podría llevar este mineral a la propiedad exclusiva del Estado, principio aplicable a la industria nuclear, de acuerdo con el párrafo octavo del actual artículo 27 constitucional.²⁰⁷ Es decir, habría un primer elemento, de carácter constitucional, que podría coadyuvar a la necesaria tutela que el litio mexicano debiera tener.

Se debe plantear el reforzamiento del litio, en cuanto material de carácter nuclear, acorde con la reserva señalada en el artículo 27 constitucional. En este sentido, debemos agregar que si bien la regulación de los combustibles nucleares y minerales radioactivos quedó inalterada tras la reforma energética, lo cierto es que, por la vía de los tratados internacionales, muy pronto se dotó a este segmento productivo de fines y criterios de desarrollo. Así, por ejemplo, debido a que el Estado mexicano ratificó el Tratado de la Proscripción de las Armas Nucleares en la América Latina (Tratado de Tlatelolco), se estableció en el texto constitucional que el uso de la energía nuclear solo podrá tener fines pacíficos, de ahí que la exposición de motivos de la reforma constitucional de 1975 señalase lo siguiente:

[...] el Estado debe asegurar el control de la nación sobre la producción y los usos de la energía nuclear. De esta forma, se preserva el debido aprovechamiento de esa energía, que cumple tan destacado papel en el desarrollo, y se garantiza, además, que la utilización de la gran fuerza que aparece se oriente únicamente a fines pacíficos.

²⁰⁶ *Ibidem*, p. 8.

²⁰⁷ Consultado el 6 de mayo de 2020.

En este mismo orden de ideas, además del artículo 27 constitucional, que da un trato de propiedad de la Nación a los recursos minerales, convendría tener a la vista que, como tal, y siendo un recurso perteneciente a la Nación, debería aplicarse el artículo 134 constitucional, en que obliga a los funcionarios públicos competentes en el área minera a utilizar los recursos con criterios de eficiencia, racionalidad y transparencia.

Es necesario hacer correcciones a fin de evitar los errores que se han asumido con la actual legislación minera en materia de concesiones y reglamentación de la extracción y procesamiento del litio, ya que, de no hacerlo, se seguiría la línea aplicada al oro, plata, cobre y zinc, como veremos en el punto siguiente. Se trata de establecer una política pública acorde con la importancia de este recurso, tanto a nivel mundial como de nuestra propia economía.

Para el artículo 27 constitucional, los minerales (y el litio lo es) pertenecen a la Nación. Son propiedades de la Nación y, como tales, son inembargables, imprescriptibles, y sólo son susceptibles de concesiones para cumplir funciones en:

- Concesión de minas a extranjeros en la Secretaría de Relaciones Exteriores.
- Colaboración de particulares con el Estado para fines de desarrollo.
- Son monopolios naturales que no admiten transferencias ni comercialización entre privados o empresas.
- Facultad de disposición de bienes concesionados, con régimen jurídico especial.
- Régimen de contraprestaciones entre el Estado y concesionarios. Bajo el interés nacional, pudiera exigirse al inversionista extranjero que una parte se procese en México, con tecnología mexicana.

Es necesario considerar, del mismo modo, el párrafo primero del artículo 25 constitucional:

Corresponde al Estado la rectoría del desarrollo nacional para garantizar que éste sea integral y sustentable, que fortalezca la Soberanía de la Nación y su régimen democrático y que, mediante la competitividad, el fomento del crecimiento económico y el empleo y una más justa distribución del ingreso y la riqueza, permita el pleno ejercicio de la libertad y la dignidad de los individuos, grupos y clases sociales, cuya seguridad protege esta Constitución.

Dicho mandato debe aplicarse a toda la actividad minera, incluyendo el litio, con perspectivas de desarrollo, como un imperativo que el Estado debe exigir a los agentes económicos, tanto en materia de ingresos y contribuciones, como en el ámbito del bienestar social en los municipios donde está radicada la riqueza minera del litio.

Igualmente, debe considerarse el apartado A del artículo 26 constitucional, que en su párrafo primero señala:

El Estado organizará un sistema de planeación democrática del desarrollo nacional que imprima solidez, dinamismo, competitividad, permanencia y equidad al crecimiento de la economía para la independencia y la democratización política, social y cultural de la nación.

En efecto, este precepto propicia la competitividad en la tarea de los agentes económicos, previendo que, al concesionar o convenir contratos al respecto, no se fomenten concentraciones indebidas, como las que se observa en plata (con el Grupo Peñoles), el oro, cobre y zinc (en empresas mineras canadienses), concentraciones que aportan muy poco a un desarrollo planificado y equilibrado de las regiones donde dichos agentes operan.

De la misma manera, debe revisarse la Norma Oficial Mexicana (NOM) vigente en la materia, NMX-I-282-NYCE2012: Electrónica-Método de prueba para cuantificar el consumo de energía eléctrica de cargadores de baterías para ser utilizados en baterías reemplazables de la química ion de litio, de diciembre de 2013.²⁰⁸ Esta NOM especifica el método de prueba para cuantificar el consumo de energía eléctrica de cargadores de paquetes de baterías de iones de litio (Li-Ion). Sin embargo, según señala la propia Declaratoria que permitió la aplicación de esta NOM, dicho cuerpo legal no coincide con la Norma Internacional IEC 62301: Ed 2-2011 Household electrical appliances-Measurement of Standby Power, por cuestiones técnicas no menores en materia de seguridad.²⁰⁹

²⁰⁸ Declaratoria de vigencia de las normas mexicanas NMX-I-281-NYCE-2012, NMX-I-282-NYCE-2012, NMX-I-283-1-NYCE-2012, NMX-I-283-2-NYCE-2012, NMX-I-283-3-NYCE-2012, NMX-I-283-4-NYCE-2012, NMX-I-283-5-NYCE-2012 y NMX-I-283-6-NYCE-2012, publicada en el *Diario Oficial de la Federación* de 11 de diciembre de 2013.

²⁰⁹ La norma mexicana aclara que no se apliquen directamente medios externos a la unidad bajo prueba para mantener en límites la temperatura de prueba. También se agrega la utilización de una mesa de pino de $\frac{3}{4}$ de pulgada pintada de negro para mantener en límites de temperatura a la unidad bajo prueba.

En la norma mexicana se establece la tensión y frecuencia de prueba, mientras que en la norma internacional se establece un cuadro con tensiones y frecuencias de prueba aplicables a otros países.

También deben tenerse en cuenta otras normas internacionales respectivas, como:

- ASTM D3561-11: Método de prueba estándar para el litio, potasio y los iones de sodio en agua salobre, agua de mar, y salmueras por espectrofotometría de absorción atómica.
- ASTM D7303-12: 2 Método de prueba estándar para la determinación de metales en grasas lubricantes mediante espectrometría de emisión atómica de plasma acoplado inductivamente.

De la misma forma, nos parece acertado proponer una Subsecretaría del Litio, dependiente de una futura Secretaría de Minería, que esté a cargo de velar por el cumplimiento de las políticas sectoriales que se adopten en torno al litio por el Gobierno Federal.

VI. CÓMO SE DEBE MODIFICAR LA LEY MINERA RESPECTO DEL LITIO

Respecto a la legislación secundaria y otros ordenamientos, conviene señalar, como una medida previa y urgente, sacar de la Ley Minera al litio como mineral concesible y llevarlo a un estatus por definir en el contexto de los elementos constitucionales mencionados anteriormente. Esta exclusión debe hacerse pronto, antes de que mayores inversionistas se incorporen a la extracción y procesamiento del litio, ya que, de no hacerlo, se seguiría la línea aplicada al oro, plata, cobre y zinc, en que los concesionarios, además de no cubrir las contribuciones del caso, serían beneficiarios de la discrecionalidad de los funcionarios que otorgan las concesiones, sin límite ni plazo alguno en general (millones de hectáreas y plazos de 50 años renovables, equivalen a, prácticamente, privatización). Para este efecto, es necesario adecuar la Ley de Responsabilidad de los Funcionarios Públicos en el sentido de que los funcionarios públicos que participan en las concesiones deben estar conscientes de las sanciones aplicables a la discrecionalidad con que, hasta la fecha, han manejado la riqueza minera mexicana, para evitar que aquello se replique con el litio.

La presente norma mexicana corresponde al sitio de pruebas y los equipos utilizados en los métodos aplicables a productos electrónicos. Ha tomado como base la norma internacional aplicable a productos electrodomésticos, debido a que el sitio de pruebas y los equipos utilizados en las mediciones se pueden utilizar indistintamente en las mediciones de los diversos modos de operación tanto de productos eléctricos, como de productos electrónicos.

En el contexto de la Ley Minera, y en relación con el litio, habría que revisar, como se propone en otros capítulos de este libro, el artículo 6° respecto a considerar la actividad de interés público que, al ser explotada directamente por una empresa productiva del Estado, tendría lógica mantenerla, para el caso del litio.

Sobre este tema, la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) ha reconocido “modelos de gobernanza” entre los actores que participan en el área minera: quien es responsable y ejerce principalmente la autoridad determina el modo de gobernanza. Los modos de gobernanza permiten analizar la manera predominante de interrelación entre los actores. Estos modelos los clasifica de la siguiente manera:²¹⁰

- **Gobernanza del mercado:** el Estado entrega a los actores privados la administración de los recursos naturales. Entre los ejemplos que encontramos de este modelo se encuentran la privatización de las empresas públicas petroleras o mineras y las concesiones otorgadas por el gobierno a empresas privadas para explotar petróleo y minas; las asociaciones público-privadas para las inversiones de exploración y explotación de petróleo y minerales son otros ejemplos.
- **Gobernanza jerárquica:** el Estado realiza principalmente la función de gobierno, por ejemplo, en la regulación y control de la actividad minera.
- **Gobernanza en red:** son los propios actores los que se organizan y ejercen la función de gobierno, por ejemplo, una comunidad de usuarios de recursos naturales que participa directamente mediante asambleas en la toma de decisiones que les afectan.

Lo anterior se puede esquematizar de la siguiente forma:²¹¹

²¹⁰ CEPAL, *Guía para la elaboración de los estudios de caso de la gobernanza de los recursos naturales*, Santiago de Chile, Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 2018, pp. 19-20.

²¹¹ Obaya, Martín, *Estudio de caso sobre la gobernanza del litio en Bolivia*, Santiago de Chile, Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 2019, p. 11.

	De mercado	Jerárquica	En red
Base de las relaciones	Contrato y derechos de propiedad	Relación de empleo	Intercambio de recursos
Grado de dependencia	Independiente	Independiente	Interdependiente
Medio de intercambio	Precios	Autoridad	Confianza
Medios de resolución de conflictos y coordinación	Regateo y las cortes	Reglas y mando	Diplomacia
Cultura	Competencia	Subordinación	Reciprocidad

La experiencia lamentable del intento de privatización del petróleo, con las reformas constitucionales de 2013, dejó en claro que es necesario un proceso en que el Estado asuma el rol estratégico en materias primas de importancia mundial, como es el caso del litio. De ahí la necesidad de establecer una empresa estatal, como la propuesta LITIOMEX, como eventual empresa productiva del Estado.

VII. FIJAR UNA POLÍTICA TRIBUTARIA AL RESPECTO

El *royalty* a la minería se ha definido como “el cobro de una contribución por parte del Estado, por la sola extracción de sus recursos minerales no renovables fundamentado en la compensación de los particulares al Estado por extraer y beneficiarse de las riquezas contenidas en el subsuelo”.²¹² En efecto, corresponde al pago por el uso de un recurso natural no renovable, razón por la que debe relacionarse con la extracción, beneficio, venta y utilidad.

A este respecto, la CEPAL ha señalado, entre los puntos que deben asumir los países para potenciar y aprovechar de mejor manera recursos naturales estratégicos como el litio, los siguientes referentes al tema tributario:²¹³

- Institucionalizar mecanismos de ahorro e inversión pública de largo plazo de las rentas provenientes de las industrias extractivas.

²¹² *Vid. Proyecto de ley, Establece en favor del Estado una compensación, denominada royalty minero, por la explotación de la minería del cobre y del litio* (12 de septiembre de 2018).

²¹³ CEPAL, *Pactos para la igualdad: Hacia un futuro sostenible*, Santiago de Chile, Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 2014.

- Asegurar mayor transparencia y control social sobre el manejo, uso e inversión final de los flujos de rentas provenientes de las actividades extractivas por parte de los gobiernos y las empresas.
- Actualizar los marcos tributarios vigentes para incorporar mayor progresividad en la participación del Estado en las rentas extraordinarias durante los ciclos de auge de precios sin perjudicar el dinamismo de inversión.

También ha señalado la CEPAL que las participaciones relativas de la empresa estatal y la minería privada en los aportes fiscales del sector sugieren que esta estrategia puede ser determinante para alcanzar mayores porcentajes de participación pública en la renta económica, bajo los actuales regímenes basados principalmente en el impuesto a las utilidades.²¹⁴

Con este planteamiento alternativo, se supera el pago de derechos, que constituye una paradoja respecto al beneficio y utilidad que los agentes privados obtienen de una riqueza potencial como el litio.

Es urgente sacar al litio de la Ley Minera, que exige sólo sus derechos, acorde con las propuestas que están asumiendo los países que van a la vanguardia mundial de la explotación del litio, como es el caso de Argentina, Bolivia y Chile, como lo mencionamos en su momento.

Dado que el litio, para el caso que se decida compartirlo con empresas privadas y, por lo tanto, generadores de riqueza, deben contemplarse los principios de proporcionalidad y equidad para los efectos del pago de contribuciones que todo ente generador de riqueza debe observar en las actividades económicas nacionales. Es decir, si se acepta contrato entre una eventual empresa productiva del Estado (LITIOMEX, para seguir el ejemplo dado) y empresas privadas, dicho escenario debe llevarse imperativamente con lo mencionado en el artículo 31 constitucional.

La otra exclusión del litio de la legislación vigente es que, siendo un recurso natural perteneciente a la Nación y, en consecuencia, regulada por la Ley General de Bienes Nacionales (por ende, aplica la Ley de Derechos), creemos que, sin desvirtuar dicha condición de bien perteneciente a la Nación (artículo 27 constitucional), al operar el litio bajo una empresa productiva del Estado, podríamos recurrir al modelo de la CFE, en que las concesiones y contratos se manejan como actos mixtos, participando el derecho público o administrativo en una parte y, en cuanto a los derechos y

²¹⁴ CEPAL, *Guía para la elaboración de los estudios de caso de la gobernanza de los recursos naturales*, op. cit., p. 29.

obligaciones surgidos de tal derecho público, se rigen —como efectos del contrato— por el derecho mercantil (civil o privado, en general) y, en consecuencia, los agentes económicos estarían obligados a pagar una contribución proporcional y equitativa, según lo prescrito en el mencionado artículo 31 constitucional.