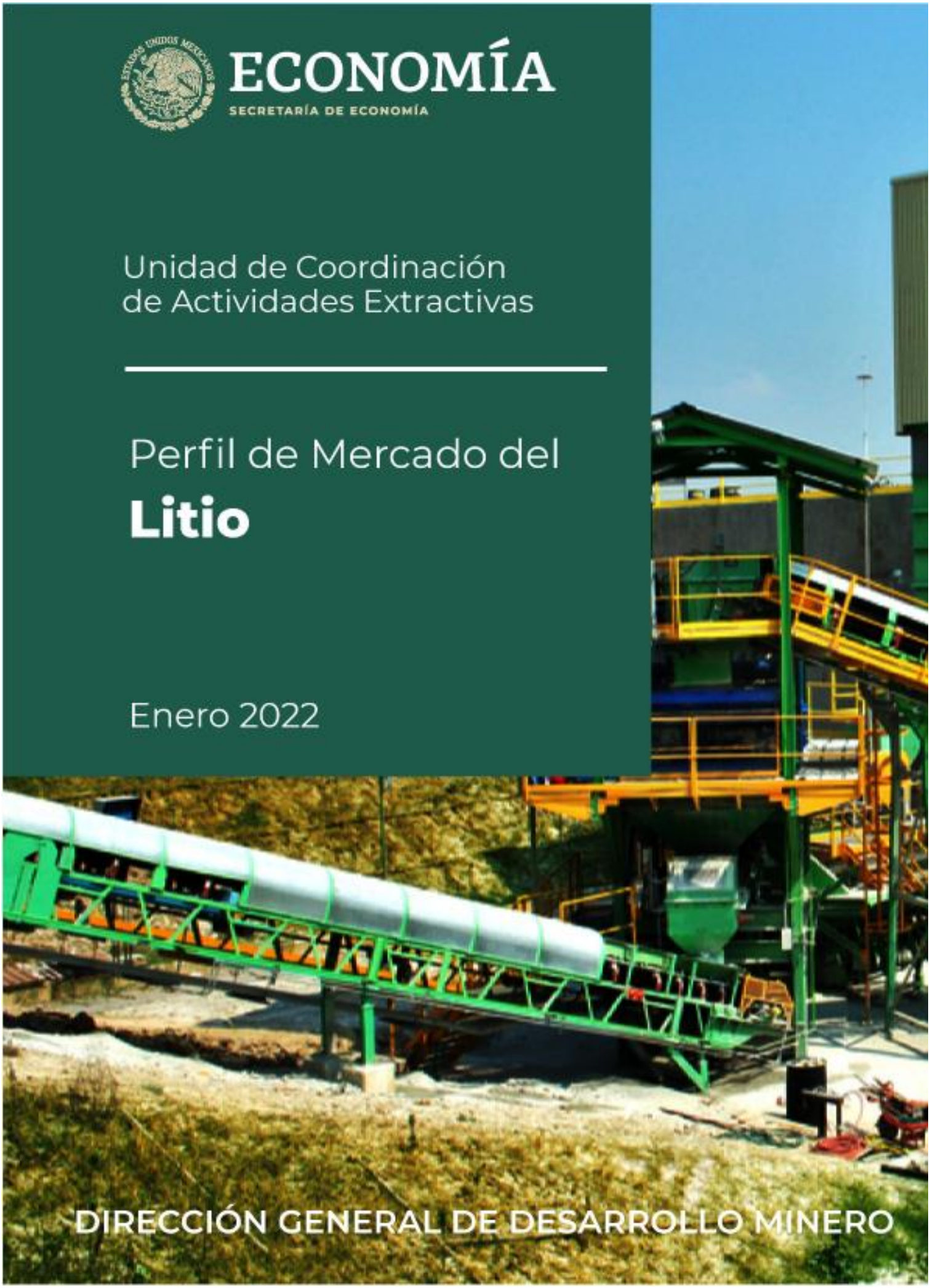
ECONOMÍA
SECRETARÍA DE ECONOMÍA

Unidad de Coordinación
de Actividades Extractivas

Perfil de Mercado del **Litio**

Enero 2022



DIRECCIÓN GENERAL DE DESARROLLO MINERO

ÍNDICE

		Pág.
RESUMEN EJECUTIVO		3
I	**CARACTERÍSTICAS GENERALES**	
	I.1 DATOS TÉCNICOS	4
	I.2 POTENCIAL GEOLÓGICO MINERO	10
	I.3 PROCESO PRODUCTIVO	13
	I.4 PRINCIPALES USOS	18
	I.5 MARCO LEGAL NORMATIVO	23
	I.6 NORMAS NACIONALES E INTERNACIONALES	23
	I.7 IMPUESTO ARANCELARIO DE ACUERDO A LOS TRATADOS DE LIBRE COMERCIO	24
II	**MERCADO**	
	II.1 MERCADO INTERNACIONAL	25
	II.2 MERCADO NORTEAMERICANO	27
	II.3 MERCADO NACIONAL	28
	II.4 COMERCIO EXTERIOR	29
	II.5 PRECIOS	30
III	**COMERCIALIZACION**	
	III.1 CANALES DE COMERCIALIZACIÓN	30
IV	**OPORTUNIDADES DE INVERSION**	
	IV.1 VENTAJAS PARA DESARROLLAR LA PRODUCCION DE LITIO EN MEXICO	32
	BIBLIOGRAFÍA	33
V	**ANEXO ESTADÍSTICO**	34

RESUMEN EJECUTIVO

Este perfil de mercado muestra un panorama general de las características técnicas del Litio y del comportamiento de su mercado, proporcionando un resumen de sus características principales en el año 2019, el cual pueda servir como base a las empresas del sector, o a los nuevos inversionistas, en los estudios que elaboren conforme a sus necesidades específicas.

El litio se deriva de la palabra griega "LITHOS", que significa piedra. Es un elemento metálico, blanco-plateado, y químicamente reactivo; es el más ligero en peso de todos los metales y de bajo punto de fusión. Se encuentra presente en una amplia gama de minerales (aproximadamente 145 especies mineralógicas); sin embargo, sólo algunos poseen valor económico, siendo los principales: la espodumena, la ambligonita, la lepidolita y la petalita.

Este elemento se encuentra presente tanto en pegmatitas, como en salmueras, pozos petrolíferos, campos geotérmicos, arcillas e, incluso, en los océanos. En la actualidad, sólo dos procesos de obtención han demostrado ser económicamente factibles: a) salmueras y b) pegmatitas.

En el presente, el país no cuenta con ningún yacimiento de litio en explotación; sin embargo, en los estados de Baja California, San Luis Potosí-Zacatecas y Sonora se encuentran en etapa de exploración tres yacimientos que contienen este mineral.

El principal uso del litio, a nivel global, es en la manufactura de baterías, con el 65%; cerámica y vidrio, el 18%; grasas lubricantes, 5%; producción de polímeros, 3%; polvos fundentes en continuo, 3%; tratamiento del aire, 1%; y otros usos, con el 5%.

La producción mundial de litio, en 2019, se estimó en 77,200 toneladas de litio, contenidas como carbonato de litio, cloruro de litio, hidróxido de litio, y concentrados de litio en minerales y compuestos, observando una reducción del 19%, con respecto a 2018.

En 2019, el Servicio Geológico Mexicano (SGM) no tiene registro de exportaciones o importaciones de Litio en el país, por lo que la balanza comercial se presenta en cero para este año.

I. CARACTERÍSTICAS GENERALES

I.1 Datos Técnicos[1]

El litio deriva de la palabra griega "LITHOS", que significa piedra. Es un elemento metálico, blanco plateado, químicamente reactivo, el más ligero en peso de todos los metales, y de bajo punto de fusión. Su símbolo en la tabla periódica es Li. Es un elemento fuertemente electropositivo, lo que le confiere gran poder de reactividad frente a los agentes químicos.

El litio es un elemento moderadamente abundante y está presente en la corteza terrestre en 65 partes por millón (ppm). El litio se encuentra presente en una amplia gama de minerales (aproximadamente 145 especies mineralógicas lo contienen) sólo algunas poseen valor económico

[1] Fuente: Dana H. (1959) *Manual de Mineralogía* (2ª ed.) México: Reverté S.A.

Principales minerales de Litio

Nombre	Fórmula	% Li_2O
Espodumena	$(Si_2O_6)LiAl$	8.0
Ambligonita	PO_4LiAlF	10.1
Lepidolita	$(AlSi_3O_{10})K(Li,Al)(O,OH,F)$	3.3 a 7.0
Petalita	$LiAl(Si_4O_{10})$	--

Asimismo, el litio se encuentra en salmueras de diversos orígenes, como salmueras naturales, salmueras asociada a pozos petrolíferos y a campos geotérmicos. Las salmueras con valor económico se encuentran básicamente en salares y lagos salinos.

También se encuentra presente en diversas arcillas (siendo la hectorita la más importante) y en el agua de mar, en concentraciones del orden de 0.17 ppm.

Propiedades Físicas del Litio	
Número atómico	3
Peso atómico	6.941
Estructura	Monoclínico
Punto de fusión 0 ºC	186
Punto de ebullición, 0 ºC	1.336
Peso específico O ºC	0.534
Calor específico del estado líquido (sobre 200 ºC)	1.0
Calor especifico, 0 ºC cal/gr. ºC	0.784
Resistividad, 0 ºC	8.55
Coef. de temp. De resistividad por 0 ºC	4.5×10^{-3}
Calor de fusión, cal/gr. ºC	103.2
Dureza escala de Mohs	0.6
Calor de formación en Kcal/mol gr. (hidrox)	116

1 culombio deposita:	0.072823 mg de Li
1 amperio hora deposita	0.262162 gr. de Li
Presenta 2 isótopos estables	Li con 92.4 % peso Li con 7.6 % peso
Potencial de oxidación, volts	3.05
Densidad (gr./cc.)	0.534

Fuente: Kirk-Otkmer, 1961

Tipos de Yacimiento[2]

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

- **Salmueras**

Depósitos de salmuera representan alrededor del 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 cuánto a los niveles de contenidos de litio varía considerablemente, cambiando también 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 a 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). Mientras que la producción de litio de roca dura, una vez dominó el mercado, ahora la mayoría de carbonato de litio que se produce se efectúa partir de salmueras continentales, debido sobre todo al menor costo de producción.

Hay tres tipos de depósitos de salmuera: continental, geotérmicas y campos petrolíferos, el más común es en cuencas continentales del desierto salino (también conocidos como los lagos de sal, salinas o salares). Están ubicados

[2] Lithium investing News

cerca de aparatos volcánicos y se componen de arena, minerales y agua con altas concentraciones de sales disueltas.

- **Salmueras continentales**

Son la forma más común de salmuera que contiene litio. La mayoría 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 un 0.14 por ciento (los más altos conocidos) los recursos de litio se estiman en 6,3 millones de Ton. 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**

Las salmueras geotérmicas representan el 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 en Wairakei; Nueva Zelanda; Reykanes campo, 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 producidas por la descarga de una planta de energía geotérmica que operan en el Mar de Saltón. La compañía está utilizando 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 el 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, de acuerdo al geólogo Keith Evans.

- **Depósitos pegmatita o depósitos " Roca Dura"**

Pegmatita es roca ígnea intrusiva de grano grueso formado a partir de magma cristalizado en el interior de la corteza terrestre, la cual puede contener cantidades extraíbles de un número de elementos, incluyendo litio, estaño, tántalo y niobio. Esta forma de depósito representa el 26 por ciento de los recursos mundiales conocidos de litio. Mineral de roca dura que contiene litio se 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 es caro, lo que significa que dichos depósitos se encuentran en desventaja en comparación con los depósitos 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 extremadamente altos de litio pueden todavía ser económicamente viables. La producción de otros recursos, como el estaño y el tantalio, puede ayudar a compensar los costos de procesamiento.

El Litio en pegmatitas se encuentra más comúnmente en el mineral espodumena, pudiendo también estar presente en petalita, lepidolita, ambligonita y eucriptita.

Alaska, el norte de Ontario, Quebec, Irlanda y Finlandia son conocidas por sus yacimientos de litio en pegmatitas. Uno de los principales yacimientos con estas características se ubica en Greenbushes, Australia; el cual tiene un recurso estimado de 560,000 toneladas de mineral de litio, con una concentración media de alrededor de 1.6 por ciento.

- **Rocas sedimentarias que contienen litio**

Depósitos en rocas sedimentarias representan el 8 por ciento de los recursos mundiales de litio conocidas y se encuentran en depósitos de arcilla y en rocas 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 hectorita ($Na0_3(Mg,Li)_3Si_4O_{10}(F,OH)_2$), que es rico en magnesio y litio. Recibe su nombre de un depósito que contiene 0.7 por ciento de litio que se encuentra en Héctor, California.

Kings Valley, Nevada alberga otro depósito de hectorita con un estimado de 48.1 millones de ton., como recursos indicados y 42.3 millones de Ton., de recursos inferidos con una ley de 0.27 por ciento de litio.

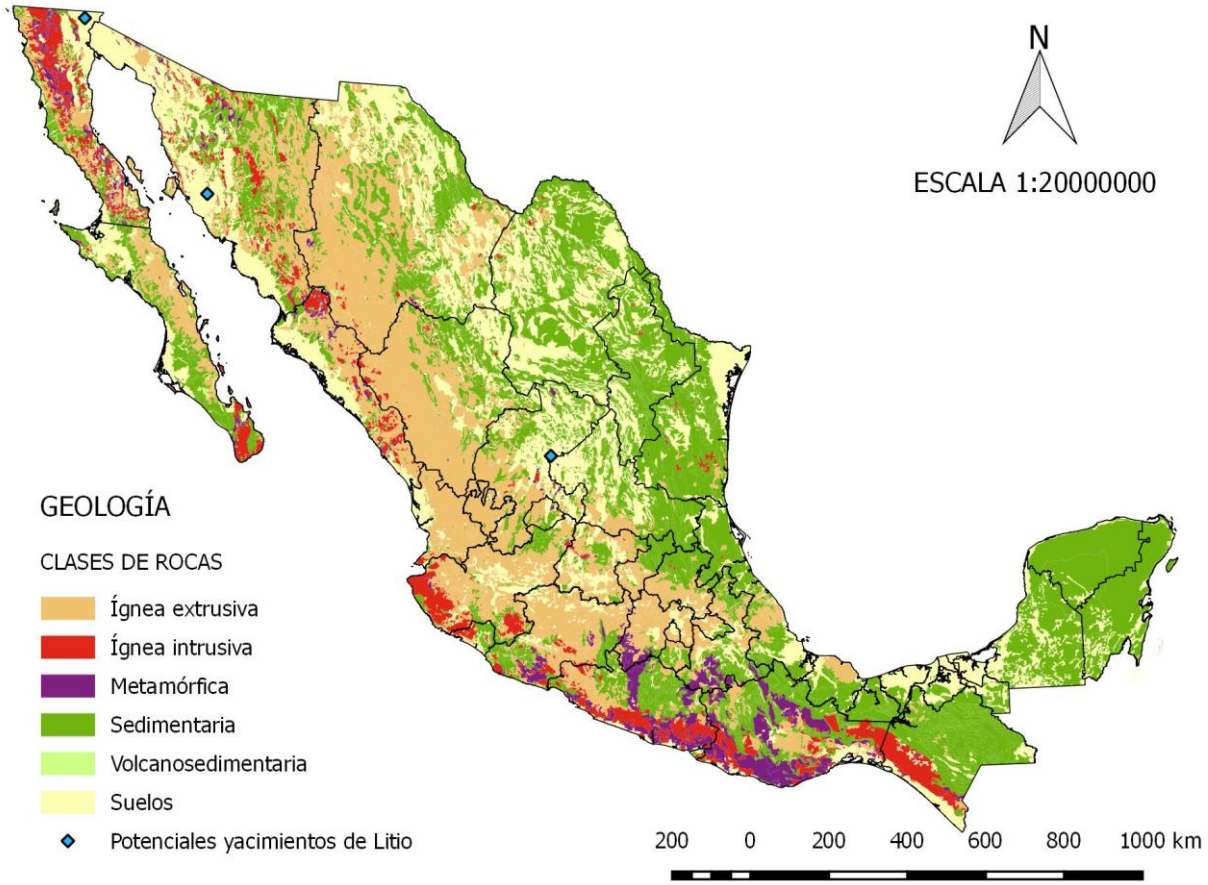
Asimismo, el litio en las arcillas puede resultar también por el enriquecimiento secundario, por efecto del movimiento de aguas termales subterráneas.

- **Evaporitas lacustres**

La forma más conocida de un depósito lacustre que contiene litio se encuentra en el valle de Jadar en Serbia, en donde se encuentra el mineral jadarita, (compuesto por sodio, litio, boro, silicio, hidrógeno y oxígeno). Este depósito propiedad del gigante minero Rio Tinto, al parecer contiene un recurso inferido de 125.3 millones de Ton. de jadarita que contiene óxido de 1.8 por ciento. El proyecto se encuentra actualmente 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 del 20 por ciento de la demanda de litio."

1.2 Potencial Geológico Minero

Actualmente en el país no se cuenta con ningún yacimiento de litio en explotación; no obstante, a la fecha se encuentran en etapa de exploración tres yacimientos que contienen este mineral en los estados de Baja California, San Luis Potosí-Zacatecas y Sonora.



Elaboró: Dirección General de Desarrollo Minero con datos del SGM y de la propia dependencia.

Baja California[3]

La empresa Pan American Lithium estudia 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.

San Luis Potosí-Zacatecas[4]

El Proyecto se ubica en la parte occidental del estado de San Luis Potosí, en el Altiplano semidesértico en la zona limítrofe con el estado de zacatecas, dentro de los municipios de Salinas, Santo Domingo, Villa de Ramos, en S.L.P. y Villa de Cos, en el estado de 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 que está constituida por lavas de composición dacítica y andesítica con intercalaciones de pillow lavas y lajares, asignándole una edad del Cretácico Inferior.

- **Conglomerado rojo de Zacatecas.** Conglomerado Polimíctico que está formado por fragmentos de tobas de composición andesítica y basáltica, así como por metasedimentos, rocas volcánicas cementadas con calcita y arcilla, teniendo una edad del Terciario.

- **Depósitos Lacustres.** Constituido por limos, arcillas, lentes de conglomerados y posiblemente con capas de sales (cloruro de potasio y de sodio) y horizontes de yeso, los cuales fueron 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.

[3] Servicio Geológico Mexicano.
[4] Servicio Geológico Mexicano.

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 forma semicircular a elipsoide y miden 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 que existe un gran potencial, estimando recursos del orden de los 8 millones de toneladas de litio equivalente.

Sonora[5]

Bacanora Minerals continúa desarrollando el proyecto de litio de Sonora, del cual la firma espera producir 17,500 toneladas de carbonato de litio para 2019-2020, y luego aumentarlo a 35,000 toneladas anualmente.[6] El Proyecto se encuentra ubicado a 180 kilómetros al noreste de Hermosillo, Son., dentro del municipio de Bacadéhuachi, Son.

Las rocas que afloran en el área de estudio están formadas por 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 27.0 metros.

- **Unidad de arcilla superior.-** Esta constituida por varias subunidades de arcilla rítmicamente laminadas y capas de sílice, que se consideran indicativos de un ambiente de aguas termales; arenisca color marrón de grano grueso mal clasificada, con una matriz arcillosa y calcárea; franjas de arcilla de color verde amarillento con nódulos de sílice; bandas de arcilla de color gris oscuro y masas de calcita; capas de lutita gris claro intercaladas con capas de arena de color rojizo; arenisca de color rojizo de grano grueso con vetillas de calcita, que tiene un espesor promedio de 28.0 metros.

[5] Bacanora Minerals, Files N1 43-101, Technical report.
[6] https://mineriaenlinea.com/2018/04/altas-expectativas-para-la-mineria-en-mexico-en-2018/

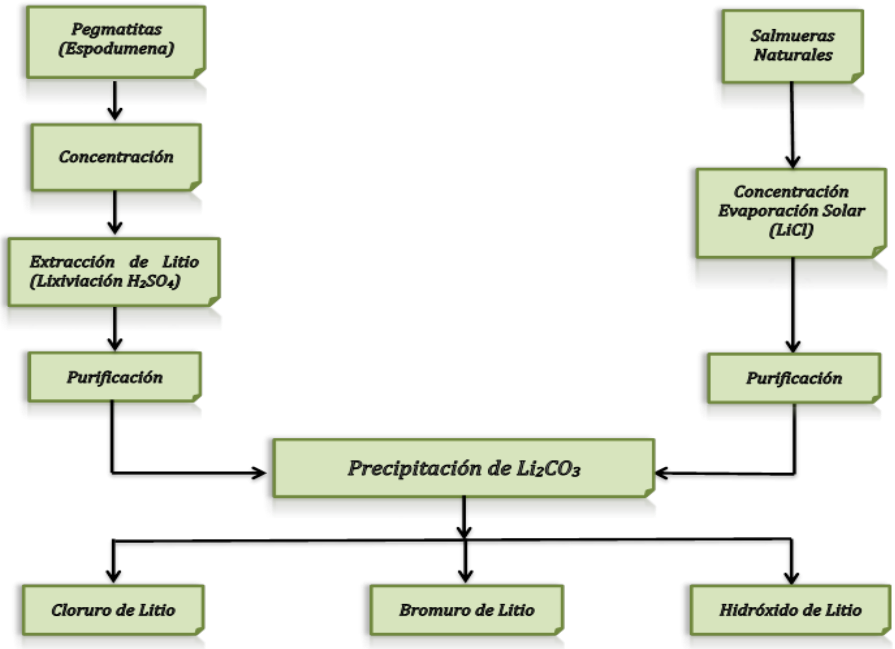
La mineralización de litio, como se indicó anteriormente, se encuentra dentro de 2 horizontes denominados: unidades de arcilla superior e inferior que están separados por una capa de ignimbrita. La unidad de arcilla inferior alberga arcillas que su principal composición es ilítica (polylithionite), con valores de litio en un rango de 38 a más de 10,000 ppm, con un espesor promedio de 27.0 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 espesor promedio de 28.0 metros.

Los estudios realizados a la fecha por la empresa que está explorando, estima un potencial del orden de 43,3 millones de ton 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

I.3 Proceso Productivo[7]



[7] La industria del Litio en Chile, 2000; Universidad de Antofagasta, Chile.

Si bien es cierto el litio se encuentra presente tanto en pegmatitas, salmueras, pozos petrolíferos, campos geotérmicos, arcillas e incluso en los océanos, en la actualidad solo 2 procesos de obtención han demostrado ser económicamente factibles: mediante salmueras y pegmatitas.

Obtención a partir de Pegmatitas o depositos "Roca dura"

La espodumena fue la fuente principal de obtención de carbonato de litio hasta que se inicio la explotación del litio contenido en salmueras naturales. El mineral espodumena se concentra por flotación diferencial para obtener un concentrado con un contenido de 2.5 a 3.2% de litio, lo que equivale a 85 a 95% de espodumena.

Para la producción de litio de la espodumena natural, el concentrado del mismo debe ser calcinado previamente con caliza, para posteriormente y mediante procesos de molienda, lixiviación, precipitaciones sucesivas, entre otros, y dependiendo del agente tratante, se pueda extraer un alto porcentaje del litio, produciendo hidróxido de litio, carbonato de litio o cloruro de litio.

Obtención a partir de salmueras

El desarrollo del proceso de recuperación del litio a partir de salmueras tuvo un fuerte impacto en la industria, al constituir este proceso una fuente de litio con costos mucho más bajos en comparación a la obtención de litio a partir de los minerales pegmatíticos.

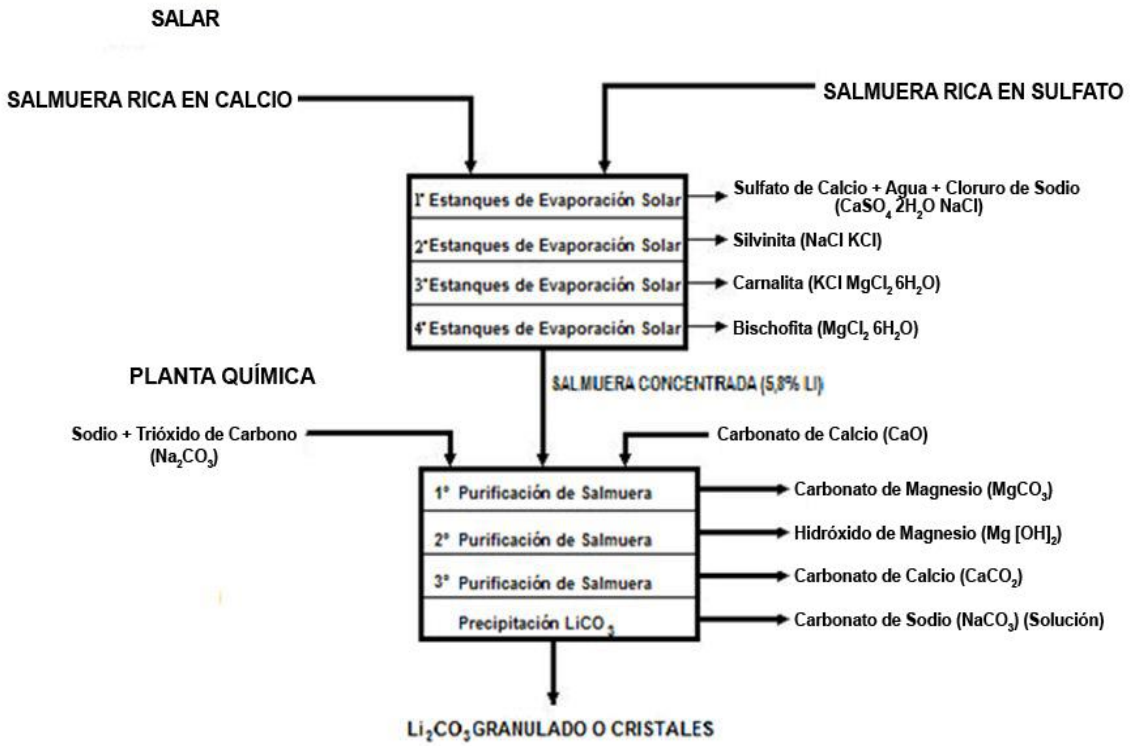
La composición de las salmueras en cuánto a los niveles de contenidos de litio varía considerablemente, también en la presencia de otros elementos como potasio, sodio, calcio, magnesio, hierro, boro, bromo, cloro, nitratos, cloruros, sulfatos y carbonatos, lo cual requiere que cada salmuera sea tratada en forma particular, de acuerdo a su composición; por lo que se enuncia de manera general las etapas que se tienen dentro de este proceso

La salmuera es bombeada a los estanques de baja profundidad y de dimensiones considerables, en los cuáles, a partir del proceso de evaporación solar, comienzan a precipitar secuencialmente un conjunto de sales. De este modo, se extraen sales tales como cloruro de potasio, cloruro de sodio, sulfato de potasio, sulfato de

sodio, entre otras, asi como de litio, las cuales presentan impuresas de magnesio, boro y sulfato.

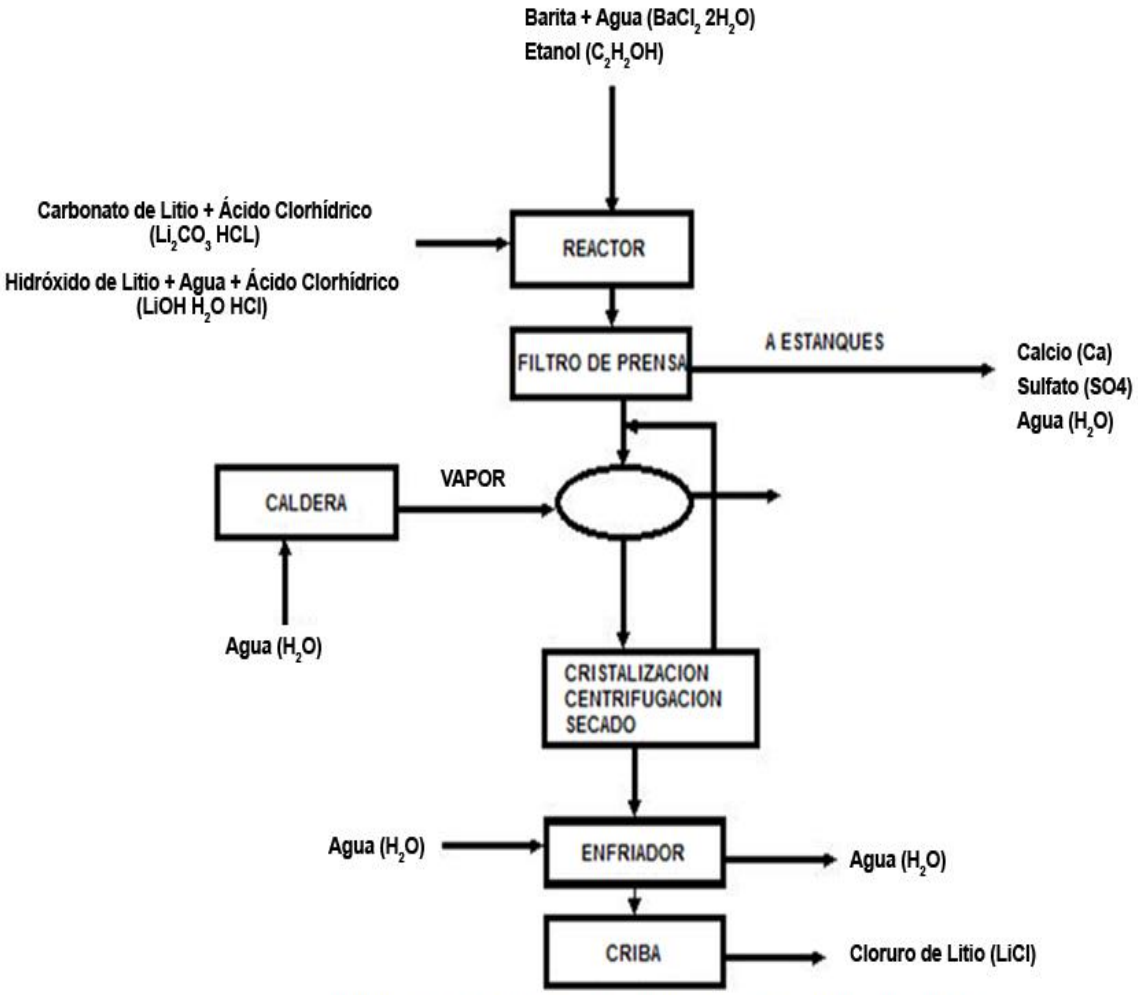
Posteriormente, la salmuera concentrada de litio es transportada por camiones a las plantas de procesamiento, donde es sometida a procesos de purificación y precipitación a modo de obtener carbonato de litio, con una pureza cercana al 99,5%, aunque el mercado exige un mínimo de 99,1%, que puede comercializarce en cristales o se compacta para ser vendido en forma de granulos. El carbonato de litio puede ser la materia prima para la producción de hidróxido de litio o bien de cloruro de litio de alta pureza que se emplea en la obtención de litio metálico por electrólisis de sales fundidas.

Se muestran, a continuación, los procesos y reaciones químicas que se generan para la obtención de carbonato de litio, utilizando como ejemplo la salmuera del salar de Atacama en Chile.

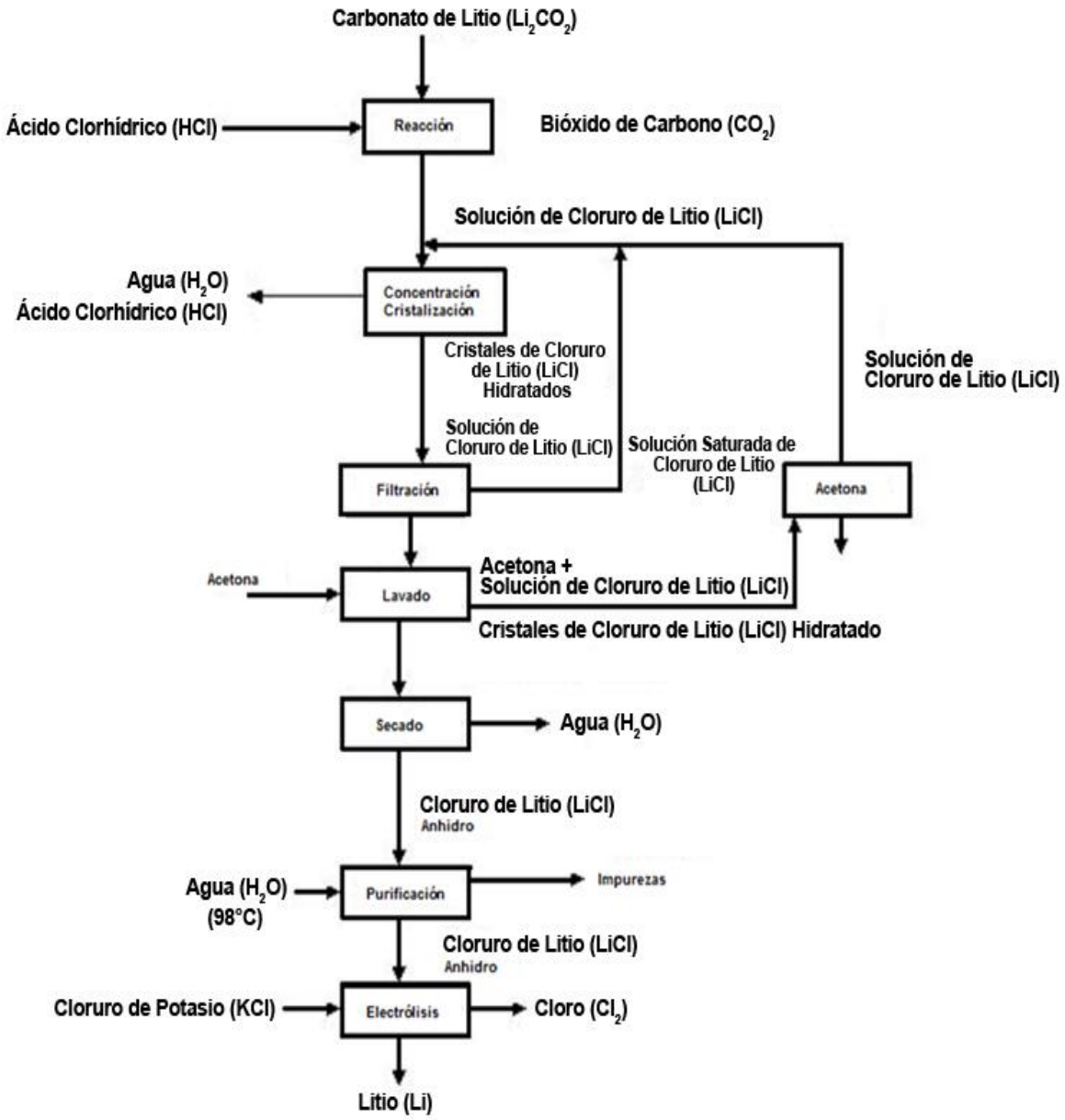


OBTENCION DE Li_2CO_3 UTILIZANDO SALMUERAS DEL SALAR DE ATACAMA

Asimismo, se muestran en los siguientes diagramas de flujo, los procesos de obtención del cloruro de litio y de litio metálico, a partir del carbonato de litio.



OBTENCION DE CLORURO DE LITIO, A PARTIR DE CARBONATO O HIDROXIDO DE LITIO

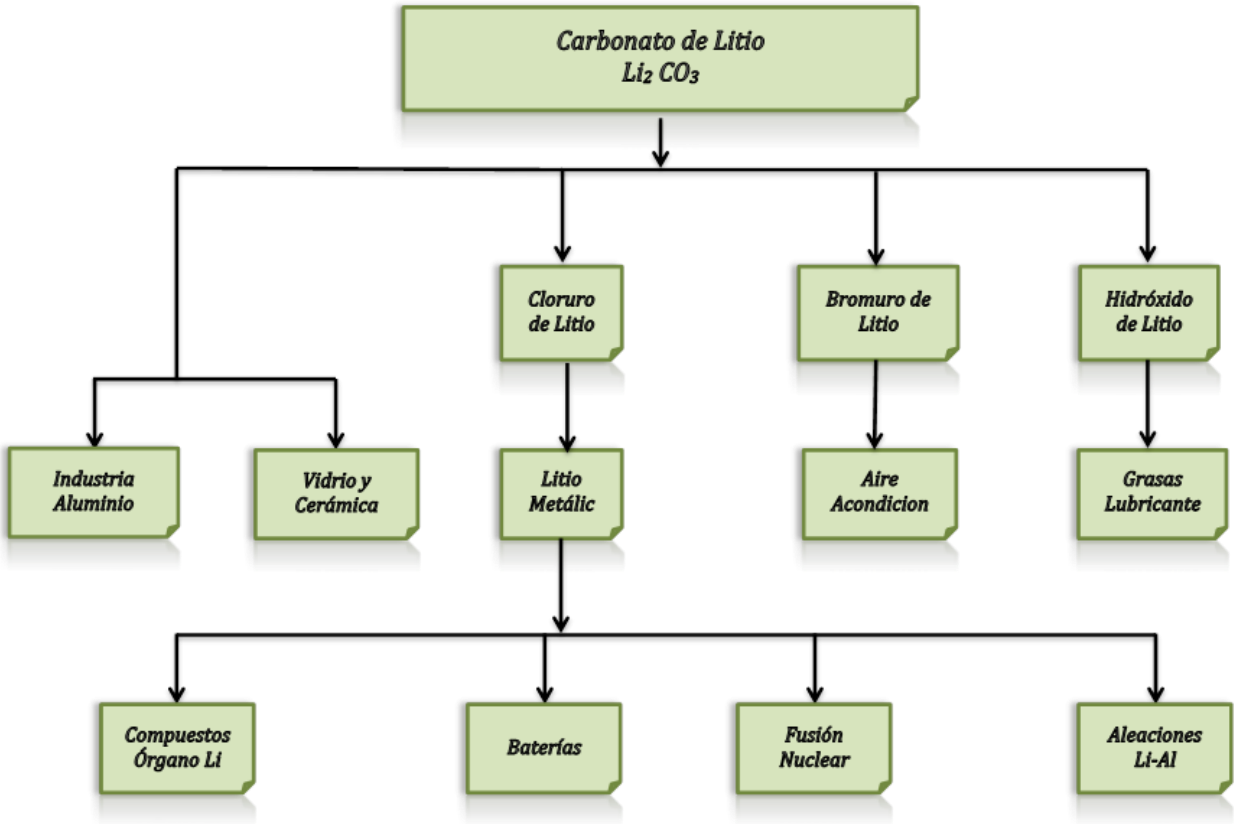


OBTENCION DE LITIO METALICO A PARTIR DE CARBONATO DE LITIO

Fuente: Laskowski,J. Última edición. Polonia: Elsevier.

I.4 Principales Usos[8]

En la actualidad, la utilización de los productos derivados del litio son diversos, por lo que podemos agruparlos en las siguientes:



Industria del Aluminio

El metal aluminio se obtiene a partir de la electrolisis de la Alúmina ($Al_2 0_3$) fundida en un baño de composición variable de 2 a 8% de Alúmina, 5 a 7% de Fluoruro de Aluminio, 5 a 7% de Fluoruro de Calcio y 80 a 85% de Criolita ($NaF{\cdot}AlF_3$). Al baño se le adiciona un 3,5% en peso de Li_2CO_3 en gránulos con respecto al peso del electrolito, lo cual permite los siguientes beneficios:

- Disminuye el punto de fusión del baño, así como la viscosidad.

[8] La industria del Litio en Chile, 2000: Universidad de Antofagasta, Chile.

- Aumenta la conductividad eléctrica del electrolito fundido.

Estos cambios permiten trabajar con una temperatura de operación más baja, lo cual reduce el consumo de energía y aumentar la eficiencia de la corriente eléctrica y, por ende, aumenta la productividad. Además de los efectos mencionados, el litio permite reducir los consumos de ánodos de carbón y de criolita y reduce entre un 20% a 30% la emisión de flúor al ambiente, bajando la contaminación.

En la industria aereo-espacial de varios países, se ha considerado el uso de las aleaciones Al-Li, en piezas tanto del ala y fuselaje, para diferentes tipos de aviones. La utilización de este material, permite reducir significativamente el peso de los aviones en más del 10%, por otra parte, aleaciones con un 2% a 3% en litio,resultan atractivas para esta industria a causa de su reducida densidad y mayor resistencia a la corrosión, comparándola con las aleaciones tradicionales de aluminio. A pesar de las ventajas comparativas, estas aleaciones no se han incorporado al mercado en gran escala como se pensó en un inicio. En la construcción de aviones, estas aleaciones compiten con los compuestos de boro, grafito y fibras poliméricas. La empresa Mc Cook Metals LLC, produjo una aleación Al-Li, para el reemplazo de ciertas piezas críticas que están sometidas a tensión, como por ejemplo, remaches y pernos, para sus aviones F-16.

Otra gran utilidad en la industria aeronáutica, es el incorporar esta aleación en un nuevo diseño de tanques de combustibles, los que son utilizados principalmente en los puentes aereos. Su ventaja radica en ser ultra-liviano, adicionando un 4% Cu, 1% Li, 0.4% Ag, 0.4% Mg y la diferencia en Al. Esta aleación es 30% mas dura y 5% menos densa que la aleación de aluminio previamente usada. El rediseño del tanque de combustible pesa aproximadamente 3,400 Kg menos que el diseño original, la diferencia se utilizó para aumentar la capacidad de carga útil.

Industria del Vidrio y de Cerámica

El óxido de litio es un aditivo importante en la industria del vidrio y la cerámica. Su efecto es disminuir el punto de fusión y mejorar las propiedades de escurrimiento del material fundido, reducir el coeficiente de expansión térmica y de viscosidad del producto terminado. La fuente de Li_2O más utilizadas es el Li_2CO_3 y, además, los concentrados de minerales de litio.

En las piezas cerámicas resistentes al choque térmico *"pirocerámicas"* (vajillas de loza, vidrio tipo Corning) se utilizan preferentemente concentrados de minerales de litio con bajo contenido de hierro.

Otra aplicación importante la constituye la fabricación de tubos de televisión monocromáticos y en colores. Hasta 1997, los minerales concentrados de litio eran los preferentemente usados en la industria de vidrios y cerámicas, hoy en día se utiliza el carbonato de litio, que ha llevado a la estabilización de su precio; además de eliminar, de esta forma, la utilización de compuestos más tóxicos.

Sistema de Aire Acondicionado y Control de Humedad

El Bromuro de Litio y el Cloruro de Litio en forma de salmueras, se usan en sistemas industriales de acondicionamiento y deshumidificación del aire, aprovechando que ambos compuestos tienen propiedades altamente higroscópicas que le permiten absorver la humedad del aire.

Grasas y Lubricantes

Las grasas a base de jabones de litio (fabricados a partir de hidróxido de litio) denominadas grasas multipropósito, conservan sus propiedades lubricantes en un amplio rango de temperatura (bajo 0 hasta 200ºC) poseen muy buena resistencia al agua y a la oxidación, por estas cualidades son utilizadas en todo tipo de transportes, tanto industriales, militares, automotriz, aéreos y también en aplicaciones marinas. Representan alrededor de un 60% de todos los lubricantes producidos en los Estados Unidos y en la mayoría de los países industrializados.

Caucho Sintético

En la fabricación de elastómeros sintéticos intervienen compuestos órgano-Litio, como catalizadores de polimerización de plásticos, como el polietileno. El litio es utilizado en esta aplicación en forma de Butil - Litio.
Este compuesto órgano-metálico es un catalizador específico en la polimerización iónica del isopreno, estireno y butadieno, para la obtención de cauchos especiales empleados en la manufactura de neumáticos de alta duración, y con gran resistencia a la abrasión. El N-butil-litio reacciona con el estireno y butadieno, formando una goma sintética que no requiere vulcanización.

Pilas de Litio

La utilización de litio metálico (99.9% pureza) como ánodos en baterías primarias (pilas), ha tenido un rápido crecimiento en los últimos años, aunque el consumo es relativamente bajo por las pequeñas cantidades requeridas.
Las pilas de litio presentan varias ventajas con respecto a las pilas tradicionales:

- Mayor densidad de energía por peso y volumen.
- Mayor vida útil, entregando un voltaje, constante.
- Menor peso.
- Funcionamiento a alta capacidad y bajas temperaturas.
- Mayor tiempo de almacenamiento.

Las baterías de litio no recargables se han usado ampliamente en relojes, microcomputadoras, cámaras, juegos y aparatos electrónicos. Otra gran aplicación es en la industria militar, puesto que el uso de baterías de oxihalide de litio, fueron seleccionadas para el uso en misiles de defensa aéreas y otros programas de los Estados Unidos. Este tipo de baterias presenta varias ventajas, entre otras, su durabilidad, gran capacidad de potencia disponible y seguridad de almacenamiento.

Otra area probada, es en la industria automotriz. En este caso una de las ventajas de la utilización de baterías de litio es la no contaminación, ahorro de combustible, durabilidad, etc. Nissan Motor Corp. USA, introdujo la primera batería en 1998, presentando en la exposición Auto Show de Los Angeles, un minibus para cuatro pasajeros, potenciado con baterías de Li-ión, desarrollado conjuntamente con Sonny Corp.

Otras Aplicaciones

Se ha potencializado un gran mercado farmacológico, puesto que la incorporación de litio metálico y algunos compuestos, se utilizan como catalizadores en la producción de analgésicos, agentes anticolesterol, antihistamínico, anticonceptivos, inductores del sueño, algunos tipos de esteroides, tranquilizantes, vitamina A y otros productos. El carbonato de litio, grado farmacológico, es utilizado en el tratamiento de la psycosis maníaca depresiva.

Futuros Usos

Hay tres mercados potencialmente importantes para el litio, los cuales se encuentran actualmente en etapa de desarrollo tecnológico.

- Reactores de fusión nuclear.
- Baterías secundarias (recargables)
- Aleaciones de aluminio-litio

Reactores de fusión nuclear

Una aplicación potencial del litio de grandes espectativas es en la producción de energía eléctrica mediante la fusión nuclear controlada de Deuterio y Tritrio. Por ser escaso en la naturaleza, el tritrio se obtiene irradiando el litio con neutrones. El consumo de litio como combustible para generar tritrio no es significativo, pero podría ser un gran requerimiento al ser usado también como escudo contra radiaciones y como medio de transferencia de calor (litio-líquido).

Estas aplicaciones están supeditadas al éxito de un programa de desarrollo de reactores de fusión que impulsa el Departamento de Energía de los Estados Unidos.

Baterías secundarias

En Norteamérica, con el apoyo gubernamental, se han realizado importantes esfuerzos en investigación para desarrollar baterías secundarias (recargables) de litio de alta capacidad, a fin de ser empleadas en vehículo de propulsión eléctrica y en instalaciones de almacenamiento de energía para nivelación de carga.

Especialistas en el rubro señalan que las baterías recargables de litio están todavía en el comienzo de su ciclo de desarrollo, aunque enfatizan que ellas llegarán algún día a ser realidad, pero para que ello suceda, se requiere de cierto tiempo y un fuerte incremento en los fondos destinados a su investigación.

Aleación livianas de Aluminio-Litio

La aleación de 1.5-3% de litio al aluminio permite obtener materiales que en promedio son un 10% más livianos que las aleaciones convencionales de aluminio. Además de reducir la densidad, el contenido de litio antes indicado

permite obtener aleaciones con más resistencia y mayor módulo de elasticidad que las corrientemente utilizadas en la fabricación de partes y componentes de aviones. Su utilización en la fabricación de aviones se traduce en un ahorro significativo de combustible, el que puede ser equivalente a un 20% de aumento de capacidad de carga del avión. Actualmente, la Mc Donnell Douglas está utilizando aleaciones de aluminio-litio en varios modelos de aviones.

El principal inconveniente de estos materiales es su alto costo, el cual podría disminuir si se resuelven los problemas de reciclar los desechos generados en su fabricación. Por otra parte, ha contribuido a una lenta introducción en el mercado el hecho de que el petróleo se mantiene aún en un precio relativamente bajo.

I.5 Marco Legal Normativo

En el Artículo 4o. de la Ley Minera queda especificado que se sujetarán a ésta, los minerales o sustancias de los que se extraiga litio.

I.6 Normas nacionales e internacionales

Normas Mexicanas

CLAVE	*DESCRIPCIÓN*
NMX-I-282NYCE-2012	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.

Normas Internacionales

CLAVE	*DESCRIPCIÓN*
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	Método de prueba estándar para la determinación de metales en grasas lubricantes por plasma acoplado inductivamente espectrometría de emisión atómica.

I.7 Impuesto arancelario de acuerdo a los tratados de libre comercio

Fracción		Socios comerciales	Resto del mundo
28369101	Carbonato de Litio*	Ex	Ex
28252001	Óxidos e Hidróxido de Litio*	Ex	Ex

Nota: Es conveniente consultar los Tratados de Libre Comercio respectivos para profundizar en el conocimiento de los mismos. Las tablas anteriores son enunciativas, más no limitativas.
* RESTRICCIONES:
A la Importación: Autorización sanitaria previa de la COFEPRIS (Únicamente para uso farmacéutico. La autorización se presenta en términos del Art. 6del Acuerdo); CICOPLAFEST: Permiso de la COFEPRIS y Autorización de la SEMARNAT (Excepto para uso farmacéutico. Nota: El número CAS de este producto es 554-13-2. La expedición de las autorizaciones se debe tramitar en términos del Punto Sexto del Acuerdo de la CICOPLAFEST. En este sentido, para obtener la autorización de la SEMARNAT, el interesado deberá presentar, entre otros documentos, el permiso de importación de la COFEPRIS, de conformidad con el Art. 30del Reglamento en Materia de Registros, Autorizaciones de Importación y Exportación y Certificados de Exportación de Plaguicidas, Nutrientes Vegetales y Sustancias y Materiales Tóxicos o Peligrosos)

A la Exportación: Autorización sanitaria previa de la COFEPRIS (Únicamente para usos farmacéuticos, cuando se destinen a los regímenes aduaneros de exportación definitiva o temporal. La autorización se presenta en términos del Art. 6del Acuerdo) Exenta de arancel de importación, a partir del 1 de enero de 2010 (Art. 2 Decreto DOF 24/XII/2008).

Fuente: **Sistema de Información Arancelaria Vía Internet:** http://www.economia-snci.gob.mx:8080/siaviWeb/siaviMain.js

II. MERCADO

II.1 Mercado internacional[9]

Excluyendo la producción de EE. UU., la producción mundial de litio, en 2019, disminuyó en un 19%, con respecto al año anterior, hasta registrar 77,200 toneladas. Lo anterior, en respuesta a que la producción de litio excedió el consumo y a la disminución de los precios. El consumo global de litio, en 2019, se estimó en alrededor de 57.700 toneladas de contenido de litio, un aumento del 18% desde las 49.100 toneladas de contenido de litio en 2018. Sin embargo, el consumo fue menor a lo anticipado por la industria del litio, debido a que China redujo los subsidios a los vehículos eléctricos.

Seis operaciones de mineral de litio en Australia, dos operaciones de salmuera en Argentina y Chile, y una operación de salmuera y una de minerales en China representaron la mayor parte de la producción mundial de litio. No obstante, debido a la sobreproducción y a la disminución de los precios, varias operaciones de litio establecidas pospusieron sus planes de expansión de capacidad. Las operaciones mineras junior en Australia, Canadá y Namibia cesaron su producción por completo.

La seguridad del suministro de litio se ha convertido en una prioridad para las empresas de tecnología de Estados Unidos y de Asia. Por tanto, se continuaron estableciendo alianzas estratégicas y empresas conjuntas entre empresas de tecnología y empresas de exploración para garantizar un suministro confiable y diversificado de litio para proveedores de baterías y fabricantes de vehículos.

Las fuentes de litio a base de salmuera se encontraban en diversas etapas de desarrollo en Argentina, Bolivia, Chile, China y Estados Unidos; las fuentes de litio a base de minerales se encontraban en diversas etapas de desarrollo en Australia, Austria, Brasil, Canadá, China, Congo (Kinshasa), Chequia, Finlandia, Alemania, Malí, Namibia, Portugal, Serbia, España y Zimbabwe; Finalmente, las fuentes de arcilla de litio se encontraban en diversas etapas de desarrollo en México y Estados Unidos.

[9] La información recabada en el presente apartado fue tomada del *Mineral Commodity Summaries*, 2020. Los datos se presentan en toneladas métricas, a menos de que se indique lo contrario.

Producción Mundial de Litio en volumen (Toneladas métricas)		
País Productor	2018	2019e/
Argentina	6,400.00	6,400.00
Australia	58,800.00	42,000.00
Brasil	300.00	300.00
Chile	17,000.00	18,000.00
China	7,100.00	7,500.00
Nambia	500.00	-
Portugal	800.00	1,200.00
Zimbabwe	1,600.00	1,600.00
Canadá	2,400.00	200.00
Total	95,000.00	77,200.00
e/ Cifras estimadas		
Fuente: Mineral Commodity Summaries, 2020		

II.2 Mercado Estadounidense[10]

La mina de litio, activa comercialmente en los Estados Unidos, tiene un yacimiento de tipo salmuera operando en Nevada. Asimismo, dos empresas produjeron una amplia gama de compuestos de litio posteriores en los Estados Unidos a partir de carbonato de litio, cloruro de litio e hidróxido de litio nacionales o importados. Los datos de producción nacional fueron retenidos para evitar revelar los datos de propiedad de la empresa.

Aunque los mercados de litio varían según la ubicación, los mercados globales de su uso final se estiman de la siguiente manera: baterías, 65%; cerámica y vidrio, 18%; grasas lubricantes, 5%; producción de polímeros, 3%; polvos de fundente para moldes de colada continua, 3%; tratamiento de aire, 1%; y otros usos, 5%.

El consumo de litio para baterías ha aumentado significativamente en los últimos años porque las baterías de litio recargables se utilizan ampliamente en el creciente mercado de dispositivos electrónicos portátiles y se utilizan cada vez más en herramientas eléctricas, vehículos eléctricos y aplicaciones de

[10] Esta sección se desarrolla con base en el apartado del Litio del *Mineral Commodity Summaries*, 2020.

almacenamiento en red. Los minerales de litio se utilizaron directamente como concentrados de mineral en aplicaciones de cerámica y vidrio.

ESTADÍSTICAS DE LITIO DE EU
(Toneladas)

	2015	2016	2017	2018	2019e/
Producción	W	W	W	W	W
Importación	2,750	3,140	3,330	3,420	2,500
Exportación	1,790	1,520	1,960	1,660	1,700
Consumo:					
Aparente	2,000	3,000	3,000	3,000	2,000
Empleo en mina y molino	70	70	70	70	70

e/ Estimado.
(W) retenido para evitar la divulgación de datos confidenciales de la empresa.
Cifras redondeadas a una cifra significativa para evitar la divulgación de datos confidenciales de la empresa.
Fuente: *Mineral Commodity Summaries*, 2020.

En el periodo que va de 2015 a 2018, se ha consolidado el mercado latinoamericano como la principal fuente de origen del litio que ingresa a los Estados Unidos, quedando distribuido en la siguiente proporción: Argentina, 53%, Chile, 40%, China, 3%, y otros, 4%.

Finalmente, se anota que el reciclaje de litio ha sido históricamente insignificante, pero ha aumentado constantemente debido al crecimiento en el consumo de las baterías de litio. Una compañía de Estados Unidos ha reciclado baterías de metal de litio y de litio-ion desde 1992, en su planta de la Columbia Británica, en Canadá. En 2009, el Departamento de Energía de EE.UU. adjudicó a la empresa un total de $9.5 millones de dólares para la construcción de la primera planta de reciclaje de baterías de iones de litio en los Estados Unidos. En 2015, la instalación en Lancaster, OH, comenzó a funcionar.

II.3 Mercado Nacional

Los registros estadísticos de litio en México no reportan ninguna producción, dado que los yacimientos que se conocen se encuentran aún en etapa de exploración.

Actualmente, se encuentra en construcción la planta de beneficio de la empresa *Bacanora Lithium*, en el estado de Sonora. Se espera que la planta comience a operar en el año 2023, siendo diseñada para procesar inicialmente 1.1 millones de toneladas (Mt) de mineral por año, durante la primera etapa del proyecto; aumentando, posteriormente, hasta alcanzar los 2.2Mt anuales en una segunda etapa.

En este sentido, dado el amplio debate que se ha dado a nivel nacional sobre la idea de que México tienen cuantiosas reservas de litio, la Ing. Flor de María Harp, directora del Servicio Geológico Mexicano (SGM), señaló en octubre de 2021, que ha existido confusión en este tema, pues "se dijo que el yacimiento (de la empresa Bacanora Lithium) tiene 243 millones de toneladas de litio, pero eso confunde porque lo que se tiene es esa cantidad de mineral arcilloso que contiene litio, luego se compara con el que más tiene, que es Bolivia con más de 20 millones de toneladas, entonces creemos que estamos nadando en litio, de ahí viene la desinformación"[11].

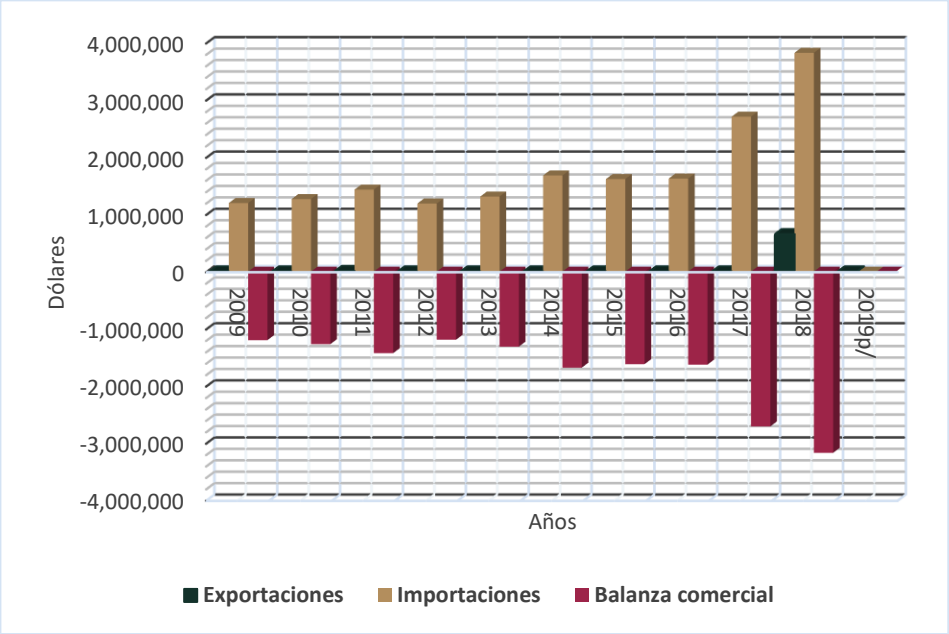
Así, los 243 millones de toneladas que se reportan son de rocas que contienen litio y no de la cantidad real del mineral. De hecho, según datos del Servicio Geológico de los Estados Unidos, en el mundo se tienen identificadas reservas por 80 millones de toneladas, donde casi un tercio de éstas se encontrarían en Bolivia, quien reporta 21 millones de toneladas, mientras que México estaría a la par de Canadá, con apenas 1.7 millones de toneladas identificadas.[12]

[11] La Jornada (2021), "México no nada en litio, aclara el SGM", 19 de octubre, p.21.
[12] U.S. Geological Survey (2020), *Mineral commodity summaries 2020*.

II.4 Comercio Exterior

En 2019, no se tiene registro de exportaciones o importaciones de litio, por lo que la balanza comercial se reporta en cero.

BALANZA COMERCIAL DE LITIO
2009-2019



Fuente: Anuario Estadístico de la Minería Mexicana (SGM). Secretaría de Economía.

II.5 Precios

El precio del litio varía de un negociador a otro. En general, el precio es determinado por factores como pureza, tamaño de partícula, flete y tipo de envase, entre otros factores.

III. COMERCIALIZACIÓN

III.1 Canales de Distribución

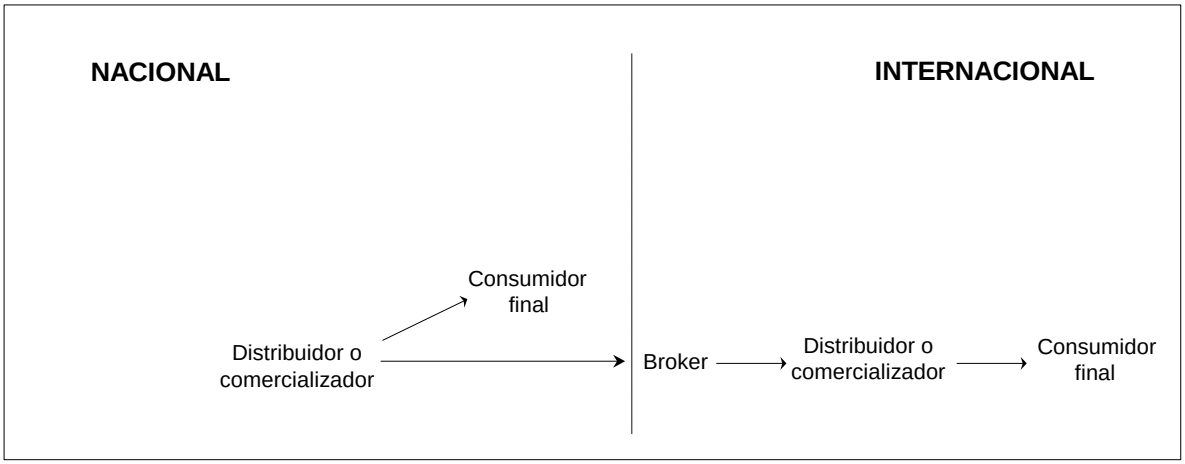
- **Productor.** En el caso del mercado nacional, no se cuenta actualmente con él, debido a que los yacimientos que se encuentran identificados aún no inician su explotación.

  El litio que se comercializa en el país se realiza a través de un distribuidor o un comercializador.

- **Distribuidor o comercializador.** Colocará el producto al alcance del consumidor final. Para el mercado internacional, en algunas ocasiones existe un paso intermedio, que es el de los "*brokers*" que constituyen un lazo entre los consumidores nacionales y los productores en el extranjero.

  El b*roker* es generalmente un mayorista o comisionista, que busca mercancía y la coloca en el mercado. En el mercado estadounidense es común este tipo de intermediación. Comercializar mediante esta vía tiene sus ventajas y sus desventajas. Las ventajas se refieren más bien al volumen vendido, ya que generalmente los brokers atienden grandes proyectos o distribuciones de gran tamaño; sin embargo, las condiciones de pago y de precio son más castigadas que la venta directa al distribuidor establecido en el extranjero. El broker trabaja y cobra de la utilidad de los productores, tratando de invertir lo menos posible.

CANALES DE COMERCIALIZACIÓN



IV. OPORTUNIDADES DE INVERSIÓN

En particular, es importante que los empresarios que pretendan incursionar dentro del mercado del litio atiendan los siguientes factores que sin duda alguna son determinantes para el éxito de sus empresas.

IV.1 Ventajas para Desarrollar la Producción de Litio en México

- Considerando que en el país no se explota actualmente este mineral y que el litio se puede encontrar tanto en pegmatitas, salmueras, pozos petrolíferos, campos geotermicos y arcillas; es importante emprender un programa de exploración para detectar nuevos yacimientos, bajo la premisa de que el mercado demanda una gran cantidad de este producto y que esta demanda se encuentra en franco crecimiento.
- Cercanía con el mercado de los Estados Unidos.
- Se cuenta con una salida natural al mercado del Pacífico, que le permite aprovechar este mercado y la infraestructura portuaria disponible.

- Existe posibilidad de establecer nuevas formas de asociación (en la comercialización y la transferencia de tecnología).
- Es posible complementar las inversiones nacionales con recursos externos.

BIBLIOGRAFÍA

- Dana H. (1959) *Manual de Mineralogía* (2ª ed.) México: Reverté S.A.
- La industria del Litio en Chile, 2000; Universidad de Antofagasta, Chile
- Laskowski,J. Última edición. Polonia: Elsevier

ANEXO ESTADÍSTICO

CUADRO 1

BALANZA COMERCIAL DE LITIO 2009-2019

(DÓLARES)

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019p/
Exportaciones	0	1	7,833	261	652	438	0	658	370	652,472	0
Importaciones	1,198,204	1,268,484	1,433,465	1,190,005	1,312,370	1,680,426	1,617,506	1,626,645	2,708,887	3,823,898	0
Balanza comercial	-1,198,204	-1,268,483	-1,425,632	-1,189,744	-1,311,718	-1,679,988	-1,617,506	-1,625,987	-2,708,517	-3,171,426	0

Fuente: Anuario Estadístico de la Minería Mexicana (SGM). Secretaría de Economía.

p/ Cifras preliminares

CUADRO 2
EXPORTACIONES MEXICANAS DE LITIO 2009-2019
(DÓLARES)

FRACCIÓN	CONCEPTO	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019p/
2836.91.01	Carbonato de Litio	0	1	7,833	261	652	438	0	658	370	652,472	0
	Total	**0**	**1**	**7,833**	**261**	**652**	**438**	**0**	**658**	**370**	**652,472**	**0**

Fuente: Anuario Estadístico de la Minería Mexicana (SGM). Secretaría de Economía.
p/ Cifras preliminares

CUADRO 3
EXPORTACIONES MEXICANAS DE LITIO 2009-2019
(KILOGRAMOS)

FRACCIÓN	CONCEPTO	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019/
2836.91.01	Carbonato de Litio	0	1	3,859	2	6	3	0	3	40	36,401	0
	Total	**0**	**1**	**3,859**	**2**	**6**	**3**	**0**	**3**	**40**	**36,401**	**0**

Fuente: Anuario Estadístico de la Minería Mexicana (SGM). Secretaría de Economía.
p/ Cifras preliminares

CUADRO 4
EXPORTACIONES MEXICANAS DE LITIO POR PAÍS DE DESTINO 2009-2019
(DÓLARES)

PAÍS	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019p/
Estados Unidos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	554,925	0
Francia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	97,440	0
Otros	0	1	7,833	0	652	438	0	658	370	107	0
Total	**0**	**1**	**7,833**	**0**	**652**	**438**	**0**	**658**	**370**	**652,472**	**0**

Fuente: Anuario Estadístico de la Minería Mexicana (SGM). Secretaría de Economía.
p/ Cifras preliminares

CUADRO 5
EXPORTACIONES MEXICANAS DE LITIO POR PAÍS DE DESTINO 2009-2019
(KILOGRAMOS)

PAÍS	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019p/
Estados Unidos	0	0	0	2	0	0	0	0	0	30,400	0
Francia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6,000	0
Otros	0	1	3,859	0	6	3	0	3	40	1	0
Total	**0**	**1**	**3,859**	**2**	**6**	**3**	**0**	**3**	**40**	**36,401**	**0**

Fuente: Anuario Estadístico de la Minería Mexicana (SGM). Secretaría de Economía.
p/ Cifras preliminares

CUADRO 6
IMPORTACIONES MEXICANAS DE LITIO 2009-2019
(DÓLARES)

FRACCIÓN	CONCEPTO	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019p/
2836.91.01	Carbonato de Litio	1,198,204	1,268,484	1,433,465	1,190,005	1,312,370	1,680,426	1,617,506	1,626,645	2,708,887	3,823,898	0
	Total	**1,198,204**	**1,268,484**	**1,433,465**	**1,190,005**	**1,312,370**	**1,680,426**	**1,617,506**	**1,626,645**	**2,708,887**	**3,823,898**	**0**

Fuente: Anuario Estadístico de la Minería Mexicana (SGM). Secretaría de Economía.
p/ Cifras preliminares

CUADRO 7
IMPORTACIONES MEXICANAS DE LITIO 2009-2019
(KILOGRAMOS)

FRACCIÓN	CONCEPTO	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019p/
2836.91.01	Carbonato de Litio	221,575	283,791	291,800	220,115	217,511	268,994	243,410	219,418	213,904	195,079	0
	Total	**221,575**	**283,791**	**291,800**	**220,115**	**217,511**	**268,994**	**243,410**	**219,418**	**213,904**	**195,079**	**0**

Fuente: Anuario Estadístico de la Minería Mexicana (SGM). Secretaría de Economía.
p/ Cifras preliminares

CUADRO 8
IMPORTACIONES MEXICANAS DE LITIO POR PAÍS DE ORIGEN 2009-2019
DÓLARES

PAÍS	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019p/
Chile	1,086,633	1,123,286	1,223,996	1,016,400	1,262,500	1,394,616	1,404,201	1,466,583	2,529,219	2,966,220	0
Estados Unidos	37,606	31,198	3,125	39,482	49,865	49,337	22,905	3,546	5,168	54,473	0
Eslovenia	68,400	114,000	199,374	127,999	0	235,755	190,400	149,600	174,500	783,897	0
Argentina	5,474	0	0	6,124	5	718	0	0	0	19,308	0
Otros	91	0	6,970	0	0	0	0	6,916	0	0	0
Total	**1,198,204**	**1,268,484**	**1,433,465**	**1,190,005**	**1,312,370**	**1,680,426**	**1,617,506**	**1,626,645**	**2,708,887**	**3,823,898**	**0**

Fuente: Anuario Estadístico de la Minería Mexicana (SGM). Secretaría de Economía.
p/ Cifras preliminares

CUADRO 9

IMPORTACIONES MEXICANAS DE LITIO POR PAÍS DE ORIGEN 2009-2019

KILOGRAMOS

PAÍS	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019p/
Chile	217,124	280,386	288,000	216,000	216,000	264,000	240,000	216,000	211,051	185,400	0
Eslovenia	1,701	1,405	300	1,715	1,510	1,504	610	218	2,500	7,999	0
Estados Unidos	2,400	2,000	3,000	2,000	0	3,467	2,800	2,200	353	1,199	0
Argentina	350	0	0	400	1	23	0	0	0	481	0
Otros	0	0	500	0	0	0	0	1,000	0	0	0
Total	**221,575**	**283,791**	**291,800**	**220,115**	**217,511**	**268,994**	**243,410**	**219,418**	**213,904**	**195,079**	**0**

Fuente: Anuario Estadístico de la Minería Mexicana (SGM). Secretaría de Economía.

p/ Cifras preliminares