



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería de Minas

“RECUPERACIÓN METALÚRGICA DE UN
YACIMIENTO DE LITIO PARA SU
COMERCIALIZACIÓN - PUNO - 2019”

Trabajo de investigación para optar el grado de:

Bachiller en Ingeniería de Minas

Autor:
Chamay Pando, Roland

Asesor:
Ing. Shonel Miguel Cáceres Pérez

Cajamarca - Perú

2019

DEDICATORIA

El presente trabajo investigativo lo dedico principalmente a Dios, por ser el inspirador y darme fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A mis padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy. Ha sido el orgullo y el privilegio de ser su hijo, son los mejores padres.

AGRADECIMIENTO

“En primera instancia a dios quién me guio
y guiará mis pasos por la senda de la formación
profesional”

“A mis padres quienes son la razón de mi
vida y a los que en algún momento me
brindaron su apoyo para formarme como
profesional”

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE IMAGENES	6
RESUMEN	7
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	8
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	10
CAPÍTULO III. RESULTADOS.....	12
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	20
CONCLUSIONES.....	22
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	23
ANEXOS	25

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 RECOLECCIÓN DE DATOS.....	11
-----------------------------------	----

ÍNDICE DE IMAGENES

	Pág.
<i>IMAGEN 1. SELECCIÓN DE ARTÍCULOS CIENTÍFICOS.....</i>	<i>12</i>
<i>IMAGEN 2: COMPOSICIÓN PRINCIPAL DE DIVERSOS SALARES EN SUDAMÉRICA.....</i>	<i>22</i>
<i>IMAGEN 3: COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS SALMUERAS.....</i>	<i>22</i>

RESUMEN

En la siguiente revisión sistemática se investigó acerca de cómo realizar la extracción de litio en yacimientos mineros, el cual se encuentra por lo general en sales; de los cuales hay muchos métodos, en donde algunos son más eficientes que otros. El objetivo de la investigación es analizar los artículos científicos publicados entre los años 2004 – 2019 en revistas indexadas a la extracción de litio en yacimientos mineros. Esta revisión se realizó con fuentes derivadas de diferentes bases de datos tales como Google Académico, Redaly, páginas web; utilizando filtros de búsqueda para encontrar artículos y tesis de interés de manera eficiente, teniendo en cuenta el límite desde el 2004 al 2019, en idioma español.

Los resultados muestran que su extracción de litio es muy diferente que una mina de oro, debido a que no se utiliza explosivos ni lixiviación en pilas. El litio se extrae drenando una salmuera del subsuelo de las salinas, luego se deja secar esta salmuera al sol y se realizan, sobre el material seco, distintas precipitaciones para finalmente añadirle carbonato de sodio (Na_2CO_3) que genera el carbonato de litio (Li_2CO_3) con la finalidad de separar del resto de los elementos presentes. Este método es el más usado actualmente, el cual tiene ciertas deficiencias y que podría ser mejorado.

PALABRAS CLAVES: Litio, recuperación, salmueras, yacimiento, minería.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Hasta hace quince años, el litio era utilizado solo por fabricantes de vidrio, cristal cerámico, grasas lubricantes y por la industria farmacéutica para desarrollar antidepresivos. La demanda aumentó con el desarrollo de la tecnología; esto implica la búsqueda de componentes más livianos y baterías de mayor resistencia. Estas baterías de ion de litio (o Li-Ion) están basadas en diferentes sistemas electroquímicos en los que el litio constituye el electrodo negativo. Desde el año 2004 la demanda de litio viene creciendo alrededor de 30% por año. Desde entonces se ha visto un interés asociado en la exploración por parte de las empresas *junior* aumentó en un 1.072%, siendo casi la mitad del aumento que hubo de 10,9 billones de dólares en todas las empresas de exploración. En las empresas *junior* de exploración de litio este aumento se vio fundamentado en la proyección de aumento de demanda y precio debido al futuro uso de baterías eléctricas a base de litio en las empresas automotrices (Metal Economics Group 2008).

El litio es un componente de las baterías recargables para automóviles eléctricos (EV) e híbridos (HEV). El 25% de la producción mundial de litio se utiliza para baterías de autos, celulares, cámaras digitales, notebooks y tablets. El 30%, para el sector metalúrgico, aires acondicionados y medicina. El otro 50% lo demandan las industrias aeroespaciales, de cerámica y de lubricantes (Zicari 2015)

Actualmente frente a la evidencia del cambio climático se ha impuesto el reconocimiento de que resulta indispensable reducir rápida y drásticamente las emisiones de CO₂ generadas por la circulación de vehículos privados y de vehículos con otros usos específicos. Los autos eléctricos pueden reducir la emisión de CO₂, de partículas y de otras emisiones. Además, se necesitan nuevos sistemas de almacenamiento para energías renovables, como la energía solar

y eólica. El litio, un metal ligero, es un elemento químico de importancia central en el desarrollo tanto de los autos eléctricos como de equipos de almacenamiento de energías renovables. Las baterías de ion de litio se encuentran en autos eléctricos, bicicletas eléctricas y desde hace poco también en aviones y barcos. Consecuentemente, en la actualidad crece la demanda de litio (UNCuyo 2015).

Para la extracción del litio en yacimientos mineros hay muchos métodos antiguos, practicables solo en pequeña escala para su recuperación como, por ejemplo, disgregación acida, disgregación alcalina, disgregación salina, método de destilación, procedimiento trona de los cuales algunos ya están en desuso, pero hoy en día muchas empresas de los salares alto andinos de Sud América están empleando el método de evaporación y decantación de salmueras, se explica porque hasta la actualidad constituye la forma más económica de obtención de este mineral y de gran escala. Esto obedece a que sus excepcionales condiciones hidrológicas, geológicas y climáticas, debidas a la extrema aridez y a las escasas lluvias, permiten una mayor tasa de evaporación de las aguas salinas por la mayor radiación solar (Comisión Nacional del litio 2014)

¿Qué se conoce de la extracción de litio en yacimientos mineros? Ante ello se ha planteado como objetivo de la investigación analizar los artículos científicos publicados entre los años 2004 – 2019 en revistas indexadas a la extracción de litio en yacimientos mineros.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

La siguiente revisión sistemática muestra el análisis y redacción de las investigaciones encontradas alrededor de la importancia de recuperar litio mediante algunos métodos nuevos y clásicos, de los cuales hay unos más favorables que otros; es decir, a más económicos y amigable con el medio ambiente.

La pregunta de investigación literaria que condujo a este proceso metodológico fue: ¿Cuántos tipos de métodos existen en la extracción de litio que sean más económicos, eficientes y a amigables con el medio ambiente?

Las palabras claves utilizadas fueron formuladas a partir de la pregunta de investigación: "Litio", "Salmueras", "Yacimiento", "Explotación" y "Minería". A partir de estos términos se tuvo de combinar para delimitar la búsqueda en tesis y artículos científicos, encontrando los siguientes resultados: 'Bolivia y su litio', 'Litio en Argentina', 'La industria del Litio en Chile', 'Litio y desigualdades de conocimiento en Bolivia', 'Litio El Nuevo Horizonte Minero Dimensiones Sociales, Económicas y Ambientales', 'Recuperación de hidróxido de magnesio en salmueras de la puna argentina'. Los resultados encontrados fueron seleccionados de diferentes bases de datos tales como Google Académico, Redalyc, utilizando filtros de búsqueda para encontrar artículos y tesis de interés de manera eficiente, teniendo en cuenta el límite desde el 2004 al 2019, en idioma español.

Se consideró investigaciones originales publicadas en las bases de datos mencionadas, en español, abarcando los años de 2004 al 2019, que tengan relación con el tema de extracción de litio en salmueras mediante nuevos métodos de extracción, en donde se incluyó temas de los últimos 15 años.

Como criterio de exclusión se resolvió que no es necesario incluir artículos y tesis que sean de investigación tecnológica, es decir, basarse en usos y aplicaciones y sin tener un aporte a resultados experimentales al tema de investigación.

Para la recolección de datos se utilizó una tabla:

*Tabla 1*Recolección de datos

Título	País	Autor	Buscador	Año	Categoría
Producción de sales y minerales evaporíticos (bórax, ulexita y litio) del salar de Uyuni	Bolivia	Rossío Ortiz Álvarez	Rossana Google Académico	2012	Tesis
El litio en Argentina	Argentina	Federico Nacif	Google Académico	2013	Articulo
Bolivia y su litio	Bolivia	Rebecca Hollender Jim Shultz	Google Académico	2010	Tesis
Litio y desigualdades de conocimiento en Bolivia	Bolivia	Juliana Gregor	Ströbele- Google Académico	2013	Tesis
Recuperación de hidróxido de magnesio en salmueras de la puna argentina		Horacio R. Flores Silvana K. Valdez Agustina M. Orce	Redalyc	2018	Articulo

Fuente: Elaboración propia

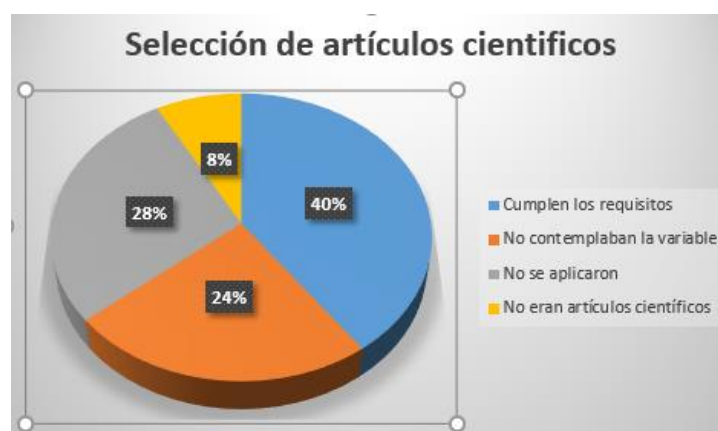
CAPÍTULO III. RESULTADOS

En la presente investigación de revisión sistemática se encontraron 10 estudios que respetaban los criterios de inclusión indicados en la metodología, de los cuales arrojó artículos científicos de las bases de datos de Google académico y Redalyc; así mismo se ha consultado información de páginas web en el periodo de tiempo de 2004-2019.

Investigaciones:

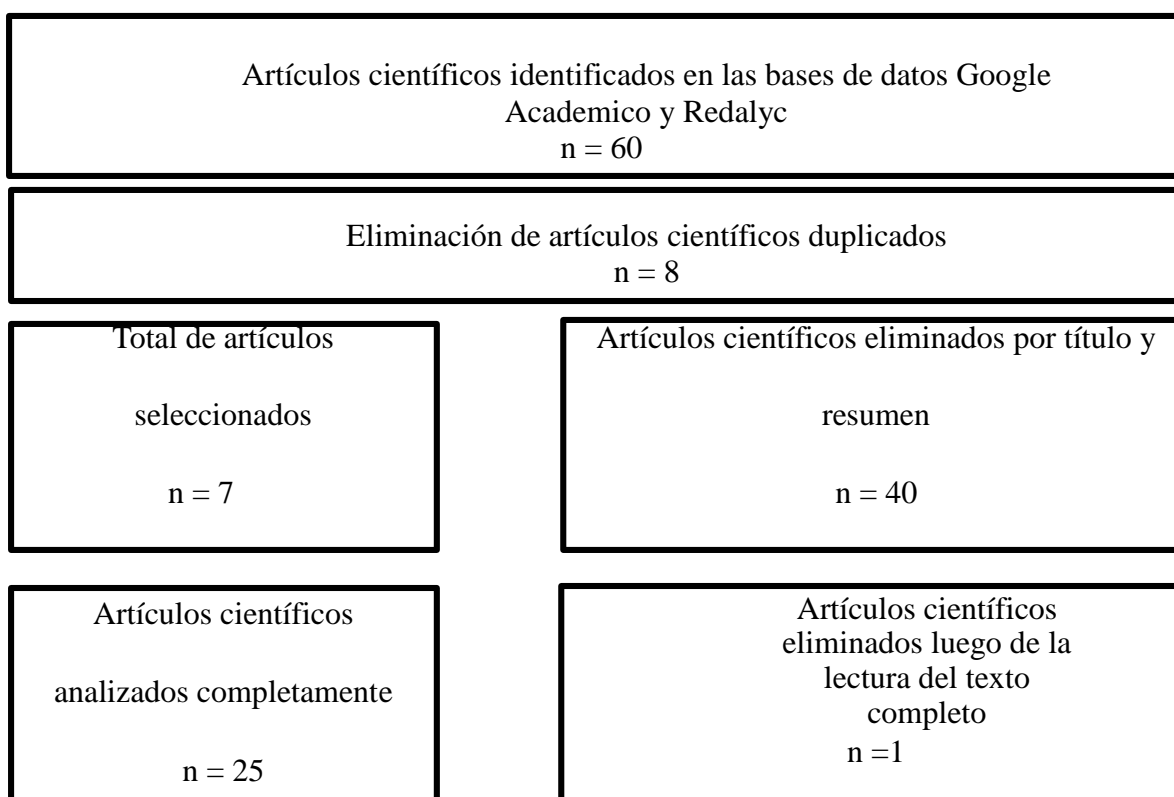
Del proceso de búsqueda realizado, se obtuvieron como resultado 25 artículos científicos (100%) que tratan sobre el litio, al 100% artículos encontrados se les sometió a un análisis minucioso con el propósito de fidelizar la información de los cuales solo el 40% (10 artículos) cumplieron con los requisitos descritos en los criterios de inclusión, por lo tanto el restante 60% (15) artículos fueron eliminados del estudio por los siguientes criterios: el 24% (06 artículos) no contemplaban la variable de recuperar litio, el 3% (07 artículos) no se aplicaron en la recuperación de litio, el 08% (02 estudios) se eliminaron por que no eran artículos científicos. En consecuencia, la base de estudio se compuso por 10 artículos científicos.

Figura 1. Selección de artículos científicos



Elaborado: Fuente propia.

Se ha recopilado artículos científicos originales publicados en base de datos indicadas Google Académico y Redalyc, así como páginas Web, considerando las palabras claves "Litio", "Salmueras", "Yacimiento", 'Explotación' y "Minería". Con la finalidad de aumentar la sensibilidad de la búsqueda de artículos científicos. Los artículos científicos seleccionados para la revisión sistemática son aquellos que dan a conocer la extracción de litio en yacimientos mineros. Se seleccionaron las publicaciones hechas en idioma español entre los años 2004 y 2019.



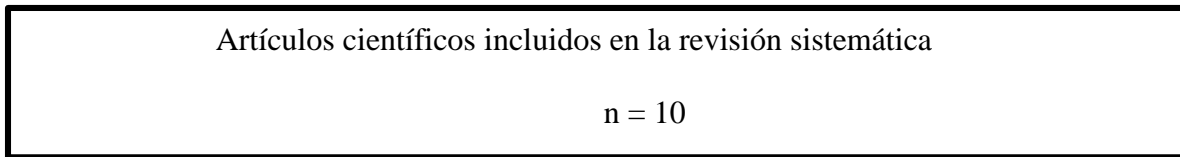


Figura 2. Diagrama de flujo para la revisión sistemática de artículos científicos.

Se encontró 10 investigaciones que expresan cierta información acerca de la extracción de litio, estos conocimientos fueron adquiridos a partir de las pruebas en plantas piloto y base teórica de otras fuentes de investigación, cabe recalcar que cada investigación en sus pruebas de laboratorio tiene similares metodologías y los resultados se asemejan mucho.

La investigación sobre la Extracción de litio en las cuencas de los salares alto andinos del cono sur (2018), plantea que Bolivia tiene la mayor cantidad de recursos mundiales de litio alcanzando un 22%, la planta piloto de litio en el salar de Uyuni proyecta alcanzar en el 2018 una producción tan sólo de 3 mil toneladas de carbonato de litio. También están en carpeta exploraciones y explotaciones futuras de litio en los salares de Coipasa y de Empexa.

En la investigación de Ministerio de Minería de Chile (2018), se explotan los minerales de litio mediante minería a rajo o tajo abierto. Proceso usado en EEUU, Australia, Canadá. Estos minerales son sometidos a un proceso de concentración, el cual comprende chancado, molienda y flotación. Se realiza un tratamiento en caliente con ácido sulfúrico (tostación ácida). Posteriormente, la mezcla de sulfato de litio formada, mineral residual y exceso de ácido se envía a un estanque de lixiviación para la obtención de soluciones de sulfato de litio. Las soluciones de sulfato de litio son consecutivamente neutralizadas, purificadas y concentradas en evaporadores de triple efecto. Se tratan con carbonato de sodio Na_2CO_3 para la obtención final de carbonato de litio.

La investigación de Incháustegui, M (2018), plantea que el "El litio, así como el cobre, son metales del futuro porque forman parte de la demanda para los nuevos productos que se fabricarán a escala mundial, como los autos eléctricos y las baterías y hay temas por implementar en lo que respecta a la extracción del litio, especialmente en los procedimientos, porque también se ha encontrado uranio y eso se debe reglamentar correctamente. La normativa actual está apta, pero hay que precisar algunos temas".

Con respecto a la investigación de Schiaffini, H (2012), plantea que el proceso de extracción de litio es muy distinto al de una mina de oro. No se utilizan explosivos ni es necesario un proceso de lixiviación en pilas. El litio se extrae drenando una salmuera del subsuelo de las salinas. Luego se deja secar esta salmuera al sol y se realizan, sobre el material seco, distintas precipitaciones químicas que permiten separar el carbonato de litio del resto de los elementos presentes.

La investigación de Moledo (2012), afirma que la diferencia de la minería de oro y plata, que se caracteriza por un proceso productivo que ni siquiera funde los metales en el país, la de litio se propone como una posibilidad para la «industrialización» y la «creación de valor agregado».

La investigación de López, Y (2007), afirma que se han realizado numerosas perforaciones en el salar, la más profunda reveló que existe sal a 120 metros debajo de su superficie, el estudio de las series encontradas en la perforación muestra que no se trata de una capa de 120 metros de sal sino de una sucesión de capas de sal en donde se encuentra concentrado el litio y de sedimentos arcillosos de algunos metros, esta sucesión de capas de sal y de sedimentos lacustres es el resultado de ciclos de inundación y desecamientos, durante los períodos de inundación los ríos aportan mucha agua y sedimentos al lago, mientras que durante los períodos secos los ríos se secan y la

evaporación provoca la precipitación de la sal, en los 120 metros excavados se puede observar 11 ciclos que corresponden a 11 lagos que ocuparon sucesivamente la parte sur del Altiplano. El último de estos ciclos que corresponde al desecamiento del lago Tauca depositó una capa de un promedio de 6 metros de sal que constituye la superficie actual del salar.

La investigación de Valencia, G (2016), se basa en la obtención de las sales de litio a partir de minerales, como la espodumena, implica la extracción de la roca, su trituración y molienda. Se continúa con la calcinación, la lixiviación en presencia de ácido sulfúrico y la filtración para obtener salmuera de Li_2SO_4 , la cual se hace reaccionar con $\text{Ca}(\text{OH})_2$ y Na_2CO_3 . Por filtración se separan el CaCO_3 y el $\text{Mg}(\text{OH})_2$ y luego se remueven las otras impurezas por intercambio iónico o precipitación, para obtener el Li_2CO_3 de grado técnico (es decir, que contiene mínimo 99%), que es la materia prima para las industrias del vidrio, las cerámicas y los esmaltes; también es material básico para fabricar otros productos de litio, como catalítico para esterificación, aditivo y fundente para electrodos de soldadura, aditivo en las fusiones electrolíticas de aluminio y aditivo para el cemento de fraguado rápido. Si se purifica más se obtiene el Li_2CO_3 grado batería (99%).

La investigación de Valdez et al. (2016), Utiliza pulpas con baja concentración de sólidos el proceso de filtración es rápido, en menos de tres minutos se obtiene el máximo volumen de filtrado. Las pulpas obtenidas de la solución Concentrada tienen 31,7 % de sólidos, los cuales obstruyen prematuramente el filtro haciendo casi imposible la filtración, lo que implica una mínima recuperación de salmuera purificada. Debe tenerse presente que el fin último de este procesamiento es separar el sólido de la salmuera, por lo tanto, a mayor concentración de sólidos en la pulpa mayor será la humedad remanente, dificultándose los procesos posteriores de secado. Debe

considerarse también que la salmuera ocluida se encuentra enriquecida en litio, por lo que se origina una pérdida de este valioso recurso.

Las investigaciones De la Hoz, M., Martínez, V., Vedia, J (2013), plantean que la extracción de salmueras de litio se realiza a través del bombeo desde abajo de la corteza salina (30 a 50 metros de profundidad), las que son depositadas en piletones de baja profundidad y grandes dimensiones, en las cuales, y a partir del proceso de evaporación solar, comienzan a precipitar secuencialmente un conjunto de sales. El concentrado obtenido por evaporación, rico en cloruro de litio (LiCl), es llevado a un proceso de purificación, para finalmente añadirle carbonato de sodio (Na_2CO_3) y generar el carbonato de litio (Li_2CO_3). Este compuesto puede ser utilizado en varias aplicaciones (fabricación de vidrios y cerámicas, industria del aluminio, grasas lubricantes, etc.). A partir del cloruro de litio se obtiene el litio metálico, utilizado para la fabricación de baterías, aleaciones especiales y farmacología. Así mismo, El litio se encuentra en muchas rocas de la corteza terrestre y también disuelto en diferentes tipos de aguas, desde las marinas hasta las aguas de los salares en la Puna, pero generalmente en concentraciones muy bajas. Este elemento se presenta en dos formas muy diferentes, en rocas pegmatíticas y en salmueras naturales, en cada caso con sus asociaciones minerales propias y tipos de explotación particulares.

1.1.Litio

La investigación de Valencia, G(2016), plantea que el litio está disuelto en el agua de mar, que contiene aproximadamente 0,17 ppm, pero debido a que este metal tiende a fijarse en las arcillas que se depositan en los fondos marinos una de sus fuentes principales son las salmueras, como las que se encuentran en Chile, Bolivia y Argentina; por ejemplo, en el núcleo del Salar de Atacama,

se encuentran las salmueras que contienen las más altas concentraciones de litio y potasio que se conocen, además de considerables concentraciones de sulfato y boro. A su vez los recursos de litio de Bolivia están en salmueras, que tienen una densidad aproximada a 1.200 gramos por litro (g/l), por lo que una concentración de litio de 0,1% en peso equivale a 1.000 partes por millón (ppm) y 1,2 g/l. Estas salmueras están en los salares y se debe decir que un salar es un lago superficial en cuyos sedimentos dominan las sales, que se precipitan por la fuerte evaporación.

Imagen 2: Composición principal de diversos salares en Sudamérica.

Salar	Composición de la salmuera, % p/p								Relación Mg/Li
	Na ⁺	K ⁺	Li ⁺	Mg ⁺⁺	Ca ⁺⁺	Cl ⁻	SO ₄ ⁼	B	
H. muerto (A)	9,450	0,550	0,076	0,120	0,070	15,800	1,050	0,044	1,600
Olaroz (A)	---	0,573	0,069	---	---	---	---	0,105	---
Diablillos (A)	---	0,620	0,056	---	---	---	---	0,065	---
Ratones (A)	9,300	0,880	0,054	0,220	0,047	15,300	0,500	---	4,100
Pozuelos (A)	9,300	0,240	0,049	0,243	0,235	15,700	0,260	0,025	5,000
P. grandes (A)	10,00	0,810	0,035	0,400	0,045	15,200	0,800	---	11,400
Pocitos (A)	9,200	0,670	0,005	0,300	0,035	15,000	0,990	---	60,000
Rincón (A)	9,200	0,920	0,037	0,370	0,040	15,300	1,700	---	10,000
Arizaro (A)	9,990	0,680	0,002	0,280	0,063	16,000	0,410	---	140,000
Atacama (C)	9,100	2,36	0,157	0,965	0,045	18,950	1,590	0,044	6,100
Uyuni (B)	7,060	1,170	0,032	0,650	0,031	14,800	1,080	0,071	20,200

Fuente: Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.

Imagen 3: Composición química de las salmueras.

Salmuera	Composición química (mg/L)			pH	ρ (g/mL)
	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Li ⁺		
Concentrada	34 744	3 499	6 680	7,00	1,22
Intermedia 1	15 213	6 485	4 807	7,00	1,21
Intermedia 2	4 674	1 930	1 350	7,00	1,21
Diluida	2 624	1 436	649	6,90	1,20

Fuente: Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En la presente revisión sistemática se analizó la literatura científica disponible en la base de datos de las páginas web: Google Académico, Redalyc La contribución de esta revisión sistemática, agrega los conceptos de 10 artículos rescatados de la literatura científica, referente a la extracción de litio en yacimientos mineros, con el objetivo de conocer cuántos métodos de extracción de litio existen y cuales son más beneficiosos para la empresa y el medio ambiente. Los estudios analizados en este trabajo datan desde el 2004 en adelante, sin embargo, es preciso mencionar que el tema del litio es muy importante ya que esto tiene muchas funciones en almacenamiento de energía (baterías) y electricidad.

Los autores llegaron a aplicar diferentes metodologías para la resolución de sus problemas de investigación, realizaron diferentes procesos para extraer litio en diferentes contextos en donde se encontraba el mineral, entre ellos se menciona los más importantes.

Los minerales son sometidos a un proceso de concentración, el cual comprende chancado, molienda y flotación, esto se realiza mediante un tratamiento en caliente con ácido sulfúrico y posteriormente, la mezcla de sulfato de litio formada, mineral residual y exceso de ácido se envía a un estanque de lixiviación para la obtención de soluciones de sulfato de litio. Las soluciones de sulfato de litio son consecutivamente neutralizadas, purificadas y concentradas en evaporadores de triple efecto. (Ministerio de Minería de Chile, 2018).

El litio se extrae drenando una salmuera del subsuelo de las salinas. Luego se deja secar esta salmuera al sol y se realizan, sobre el material seco, distintas precipitaciones químicas que permiten separar el carbonato de litio del resto de los elementos presentes. (Schiaffini, H.,2012).

La extracción de salmueras de litio se realiza a través del bombeo desde abajo de la corteza salina (30 a 50 metros de profundidad), las que son depositadas en piletones de baja profundidad y grandes dimensiones, en las cuales, y a partir del proceso de evaporación solar, comienzan a precipitar secuencialmente un conjunto de sales. (De la Hoz, M., Martínez, V., Vedia, J; 2013)

De los conocimientos obtenidos con métodos para la extracción de litio propuestas por los diferentes autores de los 10 artículos incluidos en este documento se puede partir en búsqueda de encontrar o perfeccionar un nuevo método para extraer litio.

CONCLUSIONES

- En la recuperación de litio se utiliza la mezcla de sulfato de litio formada, mineral residual y exceso de ácido se envía a un estanque de lixiviación para la obtención de soluciones de sulfato de litio. Las soluciones de sulfato de litio son consecutivamente neutralizadas, purificadas y concentradas en evaporadores de triple efecto, desarrollados por el Ministerio de Minería de Chile et al (2018).
- . El estudio realizado permitió identificar los diferentes aspectos que se debe de tener en cuenta al momento de hacer la extracción de litio (ubicación, tipo de mineral, ley de mineral, extensión).
- La investigación realizada corrobora la importancia que representa el litio en los avances tecnológicos y salud.
- Se concluye que los 10 artículos que describen como recuperar el litio en su forma natural mediante diferentes procesos físico-químicos, contribuye implementar un nuevo método de recuperar litio analizando la información de los artículos científicos que están orientadas al tema de investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Gregor, J (2012), Bolivia y su litio, recuperado de:
<https://refubium.fu-berlin.de/handle/fub188/19857>
- Horacio R. , Silvana K. , Agustina M. (2018), Recuperación de hidróxido de magnesio en salmueras de la puna argentina, recuperado de:
<https://www.redalyc.org/jatsRepo/2235/223554994007/index.html>
- Ortiz, R(2012), Producción de sales y minerales evaporíticos (bórax, ulexita y litio) del salar de Uyuni, recuperado de:
<https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/7100/2890.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Hollender, R; Shultz, J (2010), Bolivia y su Litio, recuperado:
<http://www.plataformaenergetica.org/sites/default/files/Bolivia%20y%20su%20litio.pdf>
- Arribas, A; Figueroa, E (2005), Las mineralizaciones de Uranio en las rocas volcánicas de Maccusani, Puno.
- Schiaffini, H (2012), Litio, llamas y sal en la Puna argentina.
- Buljan, A; Padilla, L (2010), Posibles sitios de ocupación para el tritio en el titanato de litio: un estudio dft periódico, recuperado de:
www.redalyc.org/articulo.oa?id=323627678004
- Martínez, V; Vedia, J (2013), El litio: desde los salares de la Puna a nuestros celulares

- Mamani, R; Uchiri, F (2018), Importancia de la minería en puno, recuperado de:
<http://dx.doi.org/10.26867/se.2018.2.83>
- Cordano, A (2018), El Mercado del Litio y la Revolución de las Energías Renovables,
recuperado de: <https://bit.ly/2UOxjKV>
- Almanza, L (2018), La industrialización del litio y el desarrollo en Bolivia.
- Arteaga, H (2013), Incremento de la solubilidad de litio en las pegmatitas del relave de
lixiviación de uranio.
- Zícari, J (2015), Neoextractivismo en Sudamérica. El caso del litio.

ANEXOS









Tabla 1
Producción mundial de litio
(en toneladas métricas)

País³	2003	2004	2005	2006	2007^e
Argentina:⁴					
Carbonato de litio	2 850 ^e	4 970	7 300	8 240 ^r	8 500
Cloruro de litio	4 700 ^e	6 303	8 400	8 320 ^r	8 500
Australia, espodumena	124 410	118 451	173 635	222 ^r 101	220 000
Brasil, concentrados	9 755 ^r	9 084 ^r	8 924 ^r	8 950 ^r	9 000
Canadá, espodumena ⁵	22 500	22 500	22 500	22 500	22 500
Chile:⁴					
Carbonato de litio desde salmueras	41 667	43 971	43 595	50 035 ^r	55 500
Cloruro de litio	--	494	681	1 166	4 200
China, carbonato ^e	13 500	14 000	15 000	15 000	16 000
Portugal, lepidolita	24 606 ^r	28 696 ^r	26 185 ^r	28 497 ^r	28 500
Rusia, minerales no especificados ⁶	-- ^r	-- ^r	-- ^r	-- ^r	--
Estados Unidos, Salmueras	W	W	W	W	W
Zimbabue, ambligonita, eucryptita, lepidolita, petalita, y espodumena	12 131	13 710	37 499	30 000	15 000
Total	256 119	262 179	343 719	394 809	387 700

Fuente: Mineral Yearbook 2009.

^eEstimado ^rRevisado. W datos retenidos para evitar que información de la empresa trascienda.

¹La tabla incluye datos disponibles desde el 23 de abril del 2008.

²Los datos se han redondeado a no más de tres cifras significativas.

³Además de los países citados, otras naciones pueden producir pequeñas cantidades de minerales de litio, pero la producción no se reporta, y no se dispone de base válida para estimar los niveles de producción.

⁴Nueva información disponible de fuentes argentinas y chilenas.

⁵Sobre la base de los concentrados de espodumena en Canadá (Tantalum Mining Corp. of Canada Ltd.'s Tanco property).

⁶Sobre la base de nueva información de una fuente de Rusia