

Serie de estudios para
el Desarrollo Minero

Carbonato de sodio (Soda Ash): características, usos y demanda

Septiembre 2022

Dirección Nacional de Promoción y Economía Minera
Subsecretaría de Desarrollo Minero



AUTORIDADES

Presidente de la Nación

Abg. Alberto Ángel Fernández

Ministro de Economía

Abg. Sergio Tomás Massa

Secretaría de Minería

Abg. María Fernanda Ávila

Subsecretaría de Desarrollo Minero

Dra. Pamela Verónica Morales

Subsecretaría de Política Minera

Cnp. Enzo Araya

Director Nacional de Promoción y Economía Minera

Lic. Jorge Matías González

Director Nacional de Cadena de Valor e Infraestructura Minera

Ing. Fernando Ciacera

Director de Transparencia e Información Minera

Lic. Gonzalo Luis Fernández

Directora de Economía Minera

Geol. Marina Corvalán

Equipo de Trabajo

Lic. David Schomwandt

Lic. Agustín Nussbaum

Lic. Yudy A. Arango



Agradecimientos

A todo el grupo de profesionales de la Universidad Nacional de Tres de Febrero que, bajo el marco del acuerdo entre la Secretaría de Minería y dicha institución, colaboraron en la provisión de datos y asistieron en diversas consultas, y a todas aquellas personas que han hecho posible este informe.

Resumen ejecutivo

El carbonato de sodio, comúnmente conocido como Soda Ash o ceniza de sosa es un compuesto químico inorgánico que ha ganado mercado en los últimos tiempos por su uso en la industria del vidrio, en la elaboración de productos químicos y, actualmente, sumó relevancia con la minería del litio.

Estados Unidos es el principal productor y se mantiene con amplio margen en un mercado que no se caracteriza por tener grandes yacimientos. En este país norteamericano los lugares de explotación son yacimientos de carbonatos y sulfatos sódicos de Nevada y California, pero en otros lugares del mundo se puede encontrar de forma soluble en aguas de lagos salinos.

El carbonato de sodio puede obtenerse de dos maneras, tanto a partir de minerales de manera natural, como también de manera sintética. En el primer caso, el concentrado se obtiene desde el mineral "trona", mediante procesos mecánicos y físicos que da como resultado una sal pura cristalina. En el segundo caso, se genera mediante el proceso de amoníaco de Solvay –método productivo más utilizado hasta la actualidad-, el de Leblanc y el de Solvay modificado (o proceso de Hou). Ambos procesos han incrementado la disponibilidad en el mercado de este producto.

Para su comercialización debe cumplir determinadas características de densidad, según su uso específico. Por ejemplo, para la industria del vidrio se demanda carbonato de sodio denso o pesado (densidad entre 0,95 t/m³ a 1,1 t/m³) ya que el tamaño de la partícula es muy similar al tamaño de la arena de sílice y esto permite una mezcla homogénea. Por su parte, el carbonato de sodio ligero tiene una densidad aparente que oscila entre 0,52 t/m³ y 0,60 t/m³ y es utilizado principalmente para la industria química, jabones y detergentes. Otros mercados que requieren su uso son: industria del papel, petróleo, gas, metalurgia, química y actualmente, hay un especial interés, en el mercado del litio.

La Soda Ash es el insumo necesario para precipitar el litio de la salmuera durante el proceso convencional de producción de carbonato de litio. Dentro de los costos de producción de los proyectos de litio del país, los reactivos representan el 40,9% de los gastos, evidenciando el peso de la Soda Ash en el potencial productivo del litio. En esto, las futuras ampliaciones de los proyectos Fénix y Olaroz, que actualmente producen litio, sumado la puesta en marcha de seis nuevos proyectos que en la actualidad están en etapa de construcción, implicarán que el costo por importación para satisfacer la demanda se ubique en torno a US\$ 103 y US\$ 147 millones para el año 2030.

En consecuencia, aunque el país no cuente con grandes recursos de carbonato de sodio, se plantea la posibilidad de que exista una producción nacional de Soda Ash de forma sintética en pos de garantizar parte del abastecimiento en una industria indispensable para el desarrollo y crecimiento de la minería en el país.



Índice

Introducción	5
Generalidades	6
Definiciones y especificaciones	7
Método productivo natural	8
Depósitos y yacimientos	9
A nivel mundial	9
Argentina	10
Antiguos depósitos y manifestaciones en Argentina	12
Producción Nacional	12
Proceso sintético para la obtención de Soda Ash	14
Aplicaciones y usos del carbonato de sodio	14
Industria del Vino	15
Industria del Papel	15
Industria del Petróleo o Gas	15
Industria Metalúrgica	16
Industria Química	16
Litio y la Soda Ash	16
Mercado y producción global	17
Carbonato de sodio y la minería del litio	20
Costos en la producción	22
Importación de Soda Ash	23
Escenario actual y proyecciones en la producción de litio de Argentina	24
Demanda de Soda Ash y producción de litio	25
Bibliografía	27

Introducción

El mercado mundial del carbonato de sodio superó ampliamente los US\$ 11.000 millones durante 2020 y se estima que para 2027 crezca aproximadamente un 3% impulsado principalmente por el sector de la industria del vidrio - donde el consumo se aproxima al 50% del total de la demanda global - y el sector automotriz, ambas actividades en auge por el crecimiento del mercado asiático.

Este producto puede obtenerse a partir de la explotación de yacimientos naturales o de forma sintética a partir de procesos químicos. El carbonato de sodio sintético es producido bajo diferentes técnicas, como el proceso de amoníaco de Solvay, el de Leblanc y el de Solvay modificado (o proceso de *Hou*). El producto sintético comprende una participación dominante en el mercado general de carbonato de sodio, debido a su mayor disponibilidad. Sin embargo, el creciente enfoque en la sostenibilidad ambiental y la creciente preferencia por los componentes naturales han aumentado la preferencia de los consumidores por el carbonato de sodio natural, debido a la reducción de las emisiones y a los menores requisitos de energía en su producción.

Para el caso concreto de la producción de litio en salmuera, dicho proceso posee un importante consumo de carbonato de sodio. El compuesto es utilizado normalmente durante la etapa de obtención de carbonato de litio. Se estima, de acuerdo a datos del año 2021, que el 41% de los costos de la producción de litio en salmuera es debido a los agentes químicos, y prácticamente el 90% del porcentaje anterior se lo vincula únicamente a la Soda Ash.

A nivel mundial, la demanda de carbonato de sodio para la minería de litio en salmuera es mínima respecto a otros sectores, como por ejemplo la industria del vidrio. No obstante, en Argentina, Chile y Bolivia es un insumo primordial, en consecuencia, contar con el abastecimiento del mismo, puede resultar vital para el desarrollo y crecimiento de la minería en el triángulo del litio.



Generalidades

El carbonato de sodio o carbonato sódico natural, es una sal blanca casi traslúcida. Debido a su alta solubilidad, raramente se presenta en estado puro o cristalino, por lo que es muy frecuente encontrarlo en asociación con otras sales.

Esta sal puede encontrarse en la naturaleza de diferentes maneras. Puede aparecer como compuesto soluble disuelto en lagos salinos, puede precipitar en el fondo de las lagunas, como así también puede constituir depósitos superficiales denominados costras, en costas de regiones áridas -como por ejemplo en las costas de África en el Mar Mediterráneo -. En Estados Unidos se lo explota en Nevada y California, en yacimientos de carbonatos y sulfatos sódicos. Históricamente, también ha sido conocida como sosa calcinada, debido a que este mineral se encuentra presente en las algas marinas, que, al incinerarlas, formaban una ceniza blanca que luego era tratada por lixiviación para obtener el carbonato sódico.

En 1791 se descubrió en Francia un proceso de producción de sosa calcinada a partir de sal, ácido sulfúrico, carbón y cal, proceso descubierto por Nicolas Leblanc. Sin embargo, la Revolución Francesa interrumpió su desarrollo y no fue hasta más de 30 años después que el proceso logró su primer éxito en Inglaterra.

Ernest Solvay fue un químico muy experimentado que en 1863 perfeccionó el método. Utilizando cloruro de sodio (sal común), carbonato de calcio (caliza) y amoníaco alcalino, con una contribución de energía calórica, obtenía carbonato de sodio y cloruro de calcio, este último un subproducto útil en otras aplicaciones. El método prácticamente no ha cambiado y se utiliza en la actualidad para la obtención de carbonato sódico sintético.

El carbonato de sodio se presenta de forma natural como el mineral "trona". De este, se extrae un concentrado, mediante procesos mecánicos y físicos, que da como resultado una sal pura cristalina utilizada como materia prima para distintas industrias.

En general, es posible definir dos tipos de productos; el carbonato de sodio ligero y el denso o pesado, donde básicamente, la diferencia entre ambos es la granulación y la densidad aparente.

En el primero de los casos, el carbonato de sodio concentrado es una sustancia muy utilizada y tal vez poco conocida, como por ejemplo para la elaboración de productos de limpieza de metales y eliminación de malos olores.

El carbonato de sodio denso se utiliza en la industria del vidrio, en fabricación de silicatos, fosfatos, polifosfatos, percarbonatos y sulfitos sódicos, en fabricación de detergentes, en la industria siderúrgica y metalúrgica, en la depuración de humos y en el tratamiento de aguas ácidas. También tiene una gran demanda en la industria del petróleo y la minería.



Definiciones y especificaciones

La Soda Ash o ceniza de sosa son los nombres comunes para el carbonato de sodio químico industrial (Na_2CO_3), que en su estado natural es fuertemente alcalino. Al procesar y purificar el carbonato sódico se logra obtener un producto químico comercializable, con variaciones de tamaño de partículas y densidad aparente; requisitos demandados para las actividades industriales y sus aplicaciones.

La comercialización de esta sal se realiza principalmente de acuerdo a la densidad. El carbonato de sodio denso o pesado, que presenta una densidad entre 0,95 t/m³ a 1,1 t/m³, se utiliza preferentemente en la industria del vidrio. En este caso, el tamaño de la partícula es muy similar al tamaño de la arena de sílice dando como resultado una mezcla homogénea de ambas materias primas. De esta manera el producto obtenido es de mayor calidad y su precio es ligeramente más alto que el de baja densidad

El carbonato de sodio ligero tiene una densidad aparente que oscila entre 0,52 t/m³ y 0,60 t/m³. La variante de menor densidad se prefiere principalmente para la industria química, jabones y detergentes. La ventaja de usar carbonato de sodio liviano en detergentes y productos químicos es que el tamaño más pequeño de la partícula proporciona una naturaleza de flujo libre y aumenta la reactividad.

Además del carbonato de sodio anhidro (Na_2CO_3) hay tres sub-variantes que dependen del contenido de agua, el monohidrato, heptahidrato y decahidrato. En el primero de los casos, el producto se obtiene hidratando el carbonato a una temperatura superior a los 35,4°C. Cuando es necesario deshidratarlo, se eleva la temperatura por encima de su punto de hidratación y se obtiene nuevamente el carbonato anhidro. En este caso el interés comercial es menor y de muy baja demanda, debido a su estrecho rango de estabilidad.

Para obtener Soda Ash heptahidratada, es necesario llevar el producto inicial a una temperatura por encima de los 109°C junto al solvente, y así se obtiene una fórmula con 54% de agua cristalizada. En el caso del carbonato de sodio decahidratado, su contenido en agua es mayor, llegando casi al 93% en su cristalización.



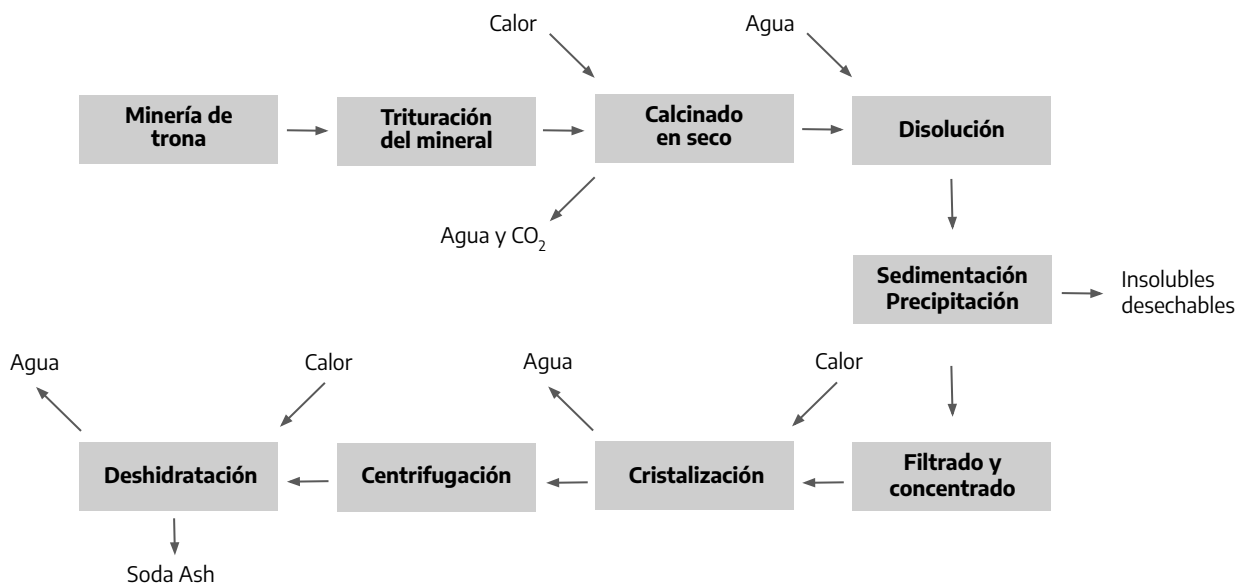
Método productivo natural

El carbonato de sodio se puede encontrar en la naturaleza en varios estados, debido principalmente al tenor de agua de cristalización. Es así como puede encontrarse junto a depósitos salobres o salinos con contenidos de sulfatos, cloruros y carbonatos.

La “coipa” conocida así en el noroeste argentino o “trona”, es un mineral evaporítico compuesto de bicarbonato de sodio dihidratado ($\text{Na}_2(\text{CO}_3) \cdot 2(\text{H}_2\text{O})$). El mineral sin refinar puede contener impurezas naturales, incluyendo arcilla, sílice, y otros materiales insolubles.

Los tipos de impurezas naturales que se encuentran en el mineral varían y dependen de cómo y dónde se formó el mineral. La coipa o trona, es refinada mecánicamente - triturado, tamizado y secado - antes del uso comercial. Este mineral alcanzado mediante el proceso de refinación mecánica, es utilizado principalmente por plantas de energía en aplicaciones de control de la contaminación del aire. La trona ayuda a eliminar los óxidos de azufre (SO_2) fluorhídrico (HF) de las emisiones de gases de combustión.

Proceso productivo a partir del mineral



Fuente: Elaboración propia en base a Garrett, 1991.

Luego del proceso mecánico, el producto resultante es un polvo muy fino, que se diluye con agua natural a una temperatura que puede ir desde los 30°C o superior. A mayor temperatura, la disolución es más rápida.

La solución se dejará decantar para que las impurezas se depositen en la parte inferior del contenedor. Una vez culminado este proceso, será necesario la evaporación de la solución, que se realiza a una temperatura de 110°C. Como resultado se obtiene un producto que va desde 90% a 95% de carbonato sódico.



Depósitos y yacimientos

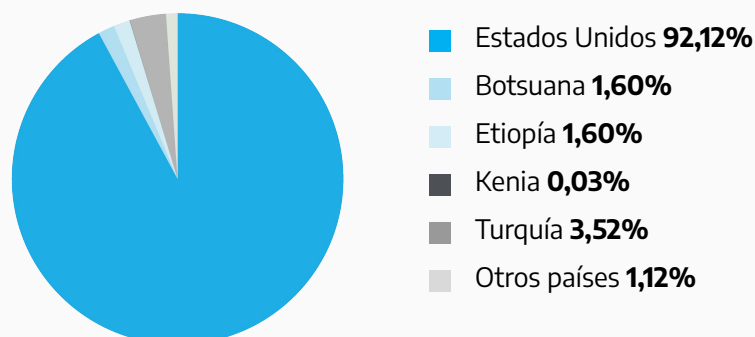
● A nivel mundial

En general los depósitos de carbonato sódico no se caracterizan por ser grandes yacimientos, por lo cual la rentabilidad es evaluada con máxima rigurosidad al momento de posibles inversiones para su explotación. De acuerdo a datos del USGS para 2022, se han identificado al menos 95 depósitos naturales de carbonato de sodio en el mundo, de los cuales solo algunos han sido cuantificados.

Aunque este producto puede producirse de manera sintética a partir de sal y caliza, sustancias abundantes en la naturaleza, la ceniza de soda sintética es costosa de producir. Esto se debe a que la producción sintética consume más energía y libera más dióxido de carbono a la atmósfera, en relación a la que podría ser generada por la extracción de carbonato de sodio natural.

En los últimos años, los productores de carbonato de sodio natural de Estados Unidos, país considerado el mayor productor mundial por mina, pudieron expandir sus mercados cuando varias plantas de carbonato de sodio sintético cerraron o quedaron inactivas en otras partes del mundo.

Reservas de carbonato de sodio a nivel mundial



Fuente: Mineral Commodity Summaries 2022, USGS.

Después de aumentar la capacidad durante los últimos 4 años, Turquía produjo un estimado de entre 4 y 5 millones de toneladas por año, principalmente, de sus yacimientos en la región de Beypazari, a 30 kilómetros de Ankara. Las importaciones totales de los Estados Unidos, en su mayoría de Turquía, han sido recientemente de unas 100.000 toneladas por año, más del doble de la cantidad media de las importaciones anuales durante el último decenio.

El resto de África presenta yacimientos de distintas magnitudes, la mayoría de ellos están en la región este del continente, en el Valle del Rift, en forma de pequeños rosarios de depósitos. Botsuana y Kenia han sido, muy por debajo de Turquía, los siguientes países productores.



Principales productores de carbonato de sodio a nivel mundial

País	2020	2021	Reservas
Estados Unidos	9.990	12.000	23.000.000
Botsuana	250	260	400.000
Etiopía	18	20	400.000
Kenia	220	250	7.000
Otros países	4200	4.400	880.000
Total mundial mina	14.700	17.000	25.000.000
Total mundial sintética	40.400	42.000	
Total mundial	55.100	59.000	

Fuente: Mineral Commodity Summaries 2022, USGS.

Canadá tiene algunos depósitos menores de carbonato de sodio, principalmente localizados al oeste del país, en el estado de British Columbia. Otra región con depósitos es el lago Texcoco en México.

● Argentina

Argentina cuenta con escasas concentraciones minerales (trona) que podrían aportar este recurso (por ejemplo, Laguna Santa María, Salta), y que, hasta el momento, no garantizan reservas suficientes. Es posible extraerlo en pequeñas cantidades de las eflorescencias^[1] de muchos salares o salinas. Estos tipos de depósitos se caracterizan por ser blancos, friables y de sabor picante al gusto, propiedad por demás distintiva para su reconocimiento en campo.

Entre las especies minerales que se han reconocido se tiene la nãtrita^[2], trona^[3] y pirssonita^[4]. Hasta el momento, el yacimiento subeconómico del NOA se localiza en Laguna Geschel, allí se han cubicado 12.700 toneladas de mineral como reserva probable y 9.700 toneladas en la categoría de reservas posibles, con leyes que oscilan el 20% de carbonato de sodio.

Otras manifestaciones han sido reconocidas en la Provincia de Santa Cruz, en el lago Ghio y en lagunas menores y evaporitas de la región de Paso Rodolfo Roballos. En la Provincia de la Pampa se han evidenciado depósitos de carbonato sódico en la laguna Ernestina, en el valle de Utracán, al norte de General Acha.

[1] La ocurrencia de eflorescencias salinas está relacionada a procesos de evaporación en los bordes de canales, en depósitos evaporíticos, pequeños charcos asociados al drenaje de minas ácidas o cuerpos mineralizados.

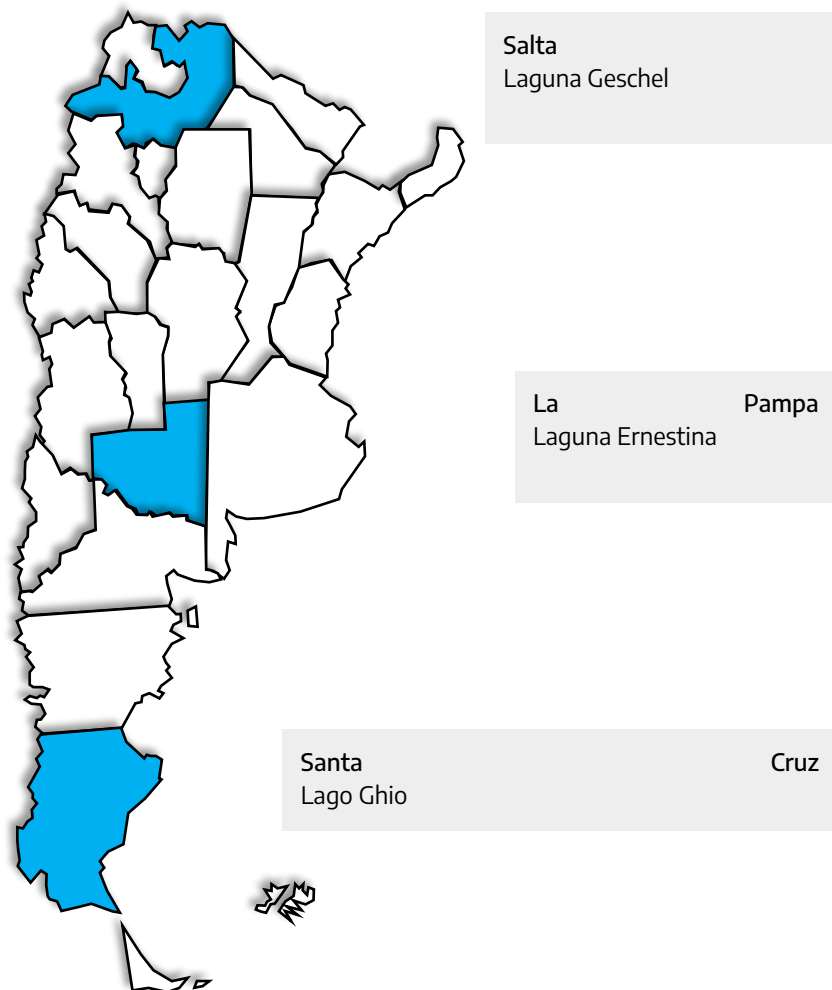
[2] Nãtrita: Características generales <https://www.asturnatura.com/mineral/nãtrita/1271.html>

[3] trona: Características generales <https://www.asturnatura.com/mineral/trona/1251.html>

[4] Pirssonita: Características generales <https://www.asturnatura.com/mineral/pirssonita/1306.html>



Principales depósitos de trona en Argentina



Fuente: Dirección de Economía Minera en base a SEGEMAR

Antiguos depósitos y manifestaciones en Argentina

De acuerdo a informes técnicos publicados por el SEGEMAR, existen manifestaciones en distintos puntos del país que en el pasado han sido evaluados. Tal como se mencionó anteriormente, en la Provincia de La Pampa se encontraba la antigua sulfatera La Ernestina, la cual, según estudios realizados a mediados del siglo pasado, poseía reservas por 35.800 toneladas de carbonatos de sodio y 13.900 toneladas de bicarbonato de sodio.

En la Provincia de Santa Cruz, aproximadamente entre 1970 y 1980 se realizaron relevamientos exploratorios que dieron como resultado la localización de manifestaciones de interés. En el departamento Lago Buenos Aires se han definido ciertas áreas de interés, “La Escondida I y II”, “Juan Domingo”, “La Misteriosa” y “Mollera” que fueron registrados en la Dirección de Minería de la Provincia a mediados del siglo pasado.

Son depósitos lacustres de enriquecimiento anual que poseen una considerable extensión areal. Algunas de estas lagunas pueden alcanzar más de 50 hectáreas y un enriquecimiento salino en profundidad de más de 10 metros según datos de sondeos.

De acuerdo a los estudios de la época, estas salinas presentaban en solución entre 34% a 37% de carbonato de sodio. Las muestras que fueron analizadas luego de un proceso de secado en un horno rotativo dieron como resultado más del 90% de carbonato de sodio.

Un trabajo posterior a este, en las mismas salinas, cuantificó recursos por alrededor de las 37.000 toneladas de carbonato de sodio anhidro. El mineral encontrado fue natrón y trona en asociación con sal común (cloruro de sodio) junto a materiales detríticos no solubles. El informe dejó asentado que las reservas no incluyen los recursos en solución, como sí fueron consideradas en el anterior trabajo. Se dejó constancia en el documento, que se debería realizar un trabajo en detalle sobre la recarga del acuífero a fin de estimar la producción y la vida útil del yacimiento.

No obstante, ya en el siglo pasado, la importancia de estos yacimientos era relativa, siendo considerados como poco representativos, debido a que su producción en aquel entonces, sólo llegaba a la cuarta parte de lo que importaba el país.

Para considerar estos yacimientos como un potencial productor de carbonato sódico, se deberá profundizar en la evaluación del recurso y a partir de allí evaluar las reservas en relación a los costos internacionales y la puesta en puerto del producto importado.

Producción Nacional

Actualmente, la empresa ALPAT (Álcalis de la Patagonia SAIC) produce carbonato de sodio en la localidad de San Antonio Oeste, Provincia de Río Negro, siendo el único productor de Sudamérica.

La planta fue diseñada en base al proceso AMONÍACO-SODA, y comenzó a operar con la asistencia de Krebs París, firma que en los últimos años instaló plantas similares en Turquía, Egipto, Bulgaria y Polonia. Para el proceso productivo, la empresa explota sus materias primas: piedra caliza (CaCO_3) y sal, (NaCl). La caliza se extrae de las canteras “La Calera” y “Paileman” ubicadas a 80 km de la planta, y es transportada a la planta, vía tren de carga (Tren Patagónico). La sal se extrae de la salina “El Gualicho”, ubicada a 48 km de la planta y se transporta en camiones para el posterior proceso productivo.

ALPAT tiene una capacidad de producción instalada de 225.000 toneladas anuales y posee alrededor de 400 empleados. Provee carbonato de sodio a múltiples empresas de variadas industrias, vidrio, jabón en polvo, silicatos, otros químicos, tratamiento de aguas, carbonato de litio.



Posee un plan de inversión inmediato para llevar la producción a 300.000 toneladas anuales sostenidas, y en el 2025, realizar otra inversión para elevar la producción a 500.000 toneladas anuales.

Análisis productivo de ALPAT en Tn/Año

	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Capacidad Nominal	250.000	250.000	250.000	330.000	250.000	550.000	550.000
Producción	170.000	170.000	210.000	330.000	550.000	550.000	550.000

Fuente: Dirección Nacional de Cadena de Valor e Infraestructura Minera en base a datos provistos por ALPAT

A medida que se vayan incorporando a la producción de litio proyectos que se encuentran en fase de puesta en marcha (construcción, ampliación, etc.), el consumo de soda ash aumentará significativamente, por lo que la demanda de litio será el principal motor de este consumo. En esto, es importante destacar que la distancia entre la zona industrial de ALPAT y la zona de salares del NOA, es muy significativa, por ende, el costo del transporte es muy incidente en el costo final de la tonelada de carbonato de sodio puesta en zona salares, por lo que, para satisfacer la demanda futura, debería contemplarse la instalación de una planta complementaria en zona de los proyectos de litio, siempre teniendo en cuenta, que un volumen se deba importar.

Proceso sintético para la obtención de Soda Ash

La producción sintética del compuesto, se realiza comúnmente mediante dos procesos, el primero de ellos, y más utilizado, el denominado Solvay (que también le da nombre a este compuesto, ya que, al carbonato de sodio, se lo conoce como Soda Solvay), y el segundo, es el denominado “Hou”, muy utilizado en China, país donde fue desarrollado.

El resultado de ambos procesos es el carbonato de sodio artificial, una sal translúcida, blanca, utilizada como materia prima en varios procesos productivos de gran importancia, que fueron citados anteriormente en este documento.

El proceso Solvay, desarrollado por Ernest Solvay en 1861, es actualmente el método elegido para la producción de carbonato de sodio en varios países del mundo. Las materias primas utilizadas en el proceso son principalmente cloruro de sodio, amoníaco, caliza (CaCO_3), CO_2 y combustibles, o energía para el proceso.

El proceso “Hou”, o Solvay modificado, fue desarrollado por el químico chino Debang Hou en la década de 1930. Su inicio es similar al proceso Solvay, pero en lugar de utilizar carbonato de calcio (CaCO_3) como materia prima, se bombea dióxido de carbono (CO_2) y amoníaco a la solución, a la cual luego se le suma cloruro de sodio (NaCl) hasta que la solución satura a 40°C . Posteriormente es enfriada rápidamente a 10°C lo que provoca la precipitación de cloruro de amonio que es eliminada por filtración. La solución se recicla para producir más carbonato de sodio.

El proceso “Hou” utiliza monóxido de carbono (CO) para producir dióxido de carbono (CO_2), en lugar de utilizar carbonato de calcio. Un punto importante de este proceso es que, al no utilizar el carbonato de calcio, se elimina el subproducto cloruro de calcio.

Aplicaciones y usos del carbonato de sodio

Las propiedades químicas del carbonato de sodio lo vuelven muy versátil, por lo que es ampliamente utilizado en diferentes industrias. Se trata de un compuesto soluble en agua e insoluble en alcohol, altamente higroscópico y se comporta como una base fuerte ya que puede contrarrestar el efecto de ácidos.

El carbonato de sodio es usado en el proceso de caustificación, en aquellos procesos en los que se debe regular el pH de diferentes soluciones (como en el tratamiento de aguas de la industria o en los procesos de flotación), también elimina el calcio en los fluidos de perforación, entre muchos otros.

Industria del Vidrio

Un ingrediente fundamental en la manufactura de vidrio es el carbonato de sodio, ya que baja la temperatura de fusión, simplificando la creación y moldeado de todo tipo de artículos de vidrio funcionales y decorativos.

La mayor parte del vidrio a nivel global que hoy es manufacturado tiene como componente el carbonato sódico, convirtiéndolo a esta industria como la principal consumidora de esta sal. El vidrio comprende cinco sectores industriales principales, que son vidrio plano, para envases, de filamento continuo, doméstico y especial.

Además, de la conocida industria del vidrio clásica, muy utilizada para viviendas y edificios, el producto es demandado para vidrio templado, en la industria automotriz. Debido a esto, la industria en general utiliza más de la mitad de la Soda Ash que se produce a nivel mundial y se proyecta que siga creciendo. A modo de referencia, se observa que el creciente sector de la construcción junto con el aumento de las ventas de automóviles en las naciones emergentes, ha impulsado aún más el mercado de la ceniza de soda.

Industria del Papel

En la producción de papel el carbonato de sodio es utilizado en diferentes etapas. El compuesto se combina con las astillas de madera como una solución de hidróxido de sodio. En condiciones de presión y temperatura elevadas, esta solución disuelve la lignina y libera fibras celulósicas. Después de completar la reacción de digestión, se obtiene la pulpa de celulosa.

Durante la etapa de blanqueamiento de la pulpa, también se utiliza el hidróxido de sodio. El contenido o volumen de esta sustancia varía en relación al grado de impurezas de las astillas de madera. Si se desea obtener resultados óptimos, se aumenta la dosis del producto químico y se obtiene un resultado de mejor calidad.

Industria del Petróleo y Gas

En la industria del petróleo y gas el carbonato sódico es utilizado como parte de los fluidos de perforación. Las aplicaciones en los fluidos están destinadas a la reducción del calcio soluble en lodos a base de agua. También está dirigido a aumentar el pH para lograr mejor floculación de los lodos de perforación.

Si bien el carbonato sódico no presenta mayores riesgos para el manejo en la industria en general, su utilización como aditivo en los lodos de perforación debe ser utilizada de manera criteriosa debido a que durante este proceso también se utilizan otros productos químicos que pueden reaccionar con la Soda Ash.



Industria Metalúrgica

En metalurgia, el uso del carbonato en combinación con otras sustancias ayuda a mejorar la calidad de los productos finales, otorgándole mayor resistencia a los productos metálicos. Además, aumenta la resistencia de estos productos al calor y a la corrosión química. A nivel mundial, al igual que lo que ocurre en la industria del vidrio, la demanda de productos metalúrgicos está aumentando debido al crecimiento de la industria de la construcción en los países emergentes.

Industria Química

El carbonato de sodio se usa en reacciones químicas para producir ciertas sustancias y un gran número de compuestos inorgánicos. Estos incluyen: fosfatos de sodio, silicatos de sodio, sulfitos de sodio, sodio bicromato, sesquicarbonato de sodio (sales de baño y suavizante de agua), percarbonato de sodio (agente blanqueador también usado en cosmetología) y carbonato de sodio químicamente puro (para productos farmacéuticos industria, química fina, industria cosmética y alimentaria), entre otros.

Litio y Soda Ash

El litio es el más ligero de todos los metales, el valor de su densidad ($0,53 \text{ g/cm}^3$) corresponde aproximadamente a la mitad del valor de la densidad del agua. El elemento además, posee un gran potencial electroquímico. Debido a estas características, dicho mineral se ha convertido en un material clave para la nueva generación de baterías recargables (ion-Li) indispensables para los dispositivos electrónicos.

En las últimas décadas, ha sido cada vez más visible la creciente demanda en el mercado internacional. El litio ocurre bajo varias formas en la naturaleza, principalmente como: cloruros en salmueras continentales, las que representan las mayores reservas mundiales (Salar de Atacama, en Chile, Salar del Hombre Muerto, en Argentina, Salar de Uyuni, en Bolivia); en el agua del mar; en las arcillas hectoríticas (Nevada, EEUU) y en pegmatitas en la forma de los minerales espodumeno (principal fuente de litio en Brasil, Australia y Canadá), lepidolita y ambligonita.

En las provincias de Salta, Jujuy y Catamarca se encuentra una de las principales reservas de litio de Argentina. El mencionado metal es procesado física y químicamente por métodos diversos de acuerdo a la naturaleza de la fuente primaria (salmuera o mineral de mina) y luego comercializado en el mercado internacional, principalmente como carbonato (Li_2CO_3), cloruro (LiCl) y en menor medida como hidróxido (Li (OH)). Estos productos pueden ser utilizados directamente como materia prima en la producción de diversos bienes, o en procesos industriales que buscan agregado de valor.

El carbonato de litio es el compuesto de litio más demandado. Durante el proceso convencional de producción de carbonato de litio a partir de salmueras, la Soda Ash, es el insumo necesario para precipitar el litio de la salmuera. Este proceso se realiza a una alta temperatura, para finalmente realizar un lavado de la solución obtenida.

El método actual de producción comercial de cloruro de litio es a partir del carbonato de litio. Este se obtiene por ataque del carbonato con ácido clorhídrico. Cabe destacar que, el hidróxido también puede ser obtenido a partir del carbonato de litio a razón de 1 tonelada por cada 0,88 toneladas de carbonato.



Mercado y producción global

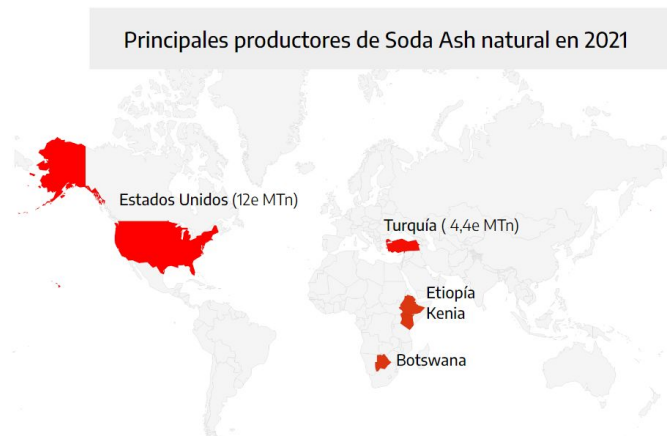
Antes de la pandemia de COVID19, que ha provocado el cierre de grandes sectores de la industria en todo el mundo en varios meses consecutivos, la demanda del mineral había sido prácticamente continua año tras año (datos de la USGS). No obstante, el crecimiento constante de la demanda, particularmente en envases de vidrio, detergentes y aplicaciones emergentes, ha llevado a que muchos productores en la actualidad (post pandemia) amplíen su capacidad de producción.

Si bien el crecimiento de la capacidad superó el consumo en los últimos cinco años, lo que limitó la apreciación del precio de la Soda Ash, en su momento, se creía que los mercados intermedios crecerían más rápidamente para satisfacer el aumento de la producción.

La producción mundial de carbonato de sodio tanto en mina como artificial, incluyendo a China, fue de alrededor de 59 millones de toneladas en la pandemia (2021), frente a los 57 millones de toneladas en 2018, según datos y cifras comerciales compilados por el USGS.

Solvay, el mayor productor mundial de carbonato de sodio, pronosticó que la demanda mundial anual de carbonato de sodio crecería en 10 millones de toneladas (excluyendo a China) entre 2018 y 2030, con 4 millones de toneladas de esa demanda anual extra, materializándose entre 2019 y 2023.

La capacidad de producción hasta 2019 se estaba expandiendo en todo el mundo, particularmente en Europa, Asia y América del Norte, pero encabezada por Turquía y los Estados Unidos, donde los productores tienen acceso a grandes depósitos de la materia prima como es la trona, lo que les permite producir ceniza de sosa natural a bajo costo directamente para exportación.



Fuente: Dirección de Economía Minera en base a Mineral Commodity Summaries 2022, USGS.

En la actualidad se espera que la demanda futura esté impulsada por los mercados de exportación de las economías emergentes, como las del Sudeste Asiático, América del Sur, Oriente Medio y África, para la fabricación de detergentes y vidrio. La demanda de carbonato de sodio en América del Sur también está claramente impulsada por la extracción de litio para la producción de baterías de alto rendimiento.

Las cifras de la industria indicaron que los fabricantes de vidrio consumieron más de la mitad de todo el carbonato de sodio producido en 2019 (alrededor del 53 %), de los cuales, alrededor del 29 % se destinó al vidrio plano; el 19% se destinó a envases de vidrio; y otros segmentos (como fibra y vidrios especiales) consumieron el 5%. El sector de la construcción fue el mayor consumidor de vidrio plano, seguido del sector automotriz. En relación a esto último, existió una aceleración en la tasa de crecimiento de la industria de la construcción global en 2020 a 3,1%, frente al 2,6% de 2019^[5].

Para el caso de los Estados Unidos, el país importa envases de vidrio de productores más baratos en México y Asia, lo que significa que gran parte del abundante suministro de carbonato de sodio del país norteamericano, está destinado a los fabricantes de vidrio en el extranjero. La USGS estima que, en EE.UU., 6,9 millones de toneladas de carbonato de sodio fueron destinadas a la demanda de esta industria, más del 58% de los 12 millones de toneladas que EE.UU. produjo en el año.

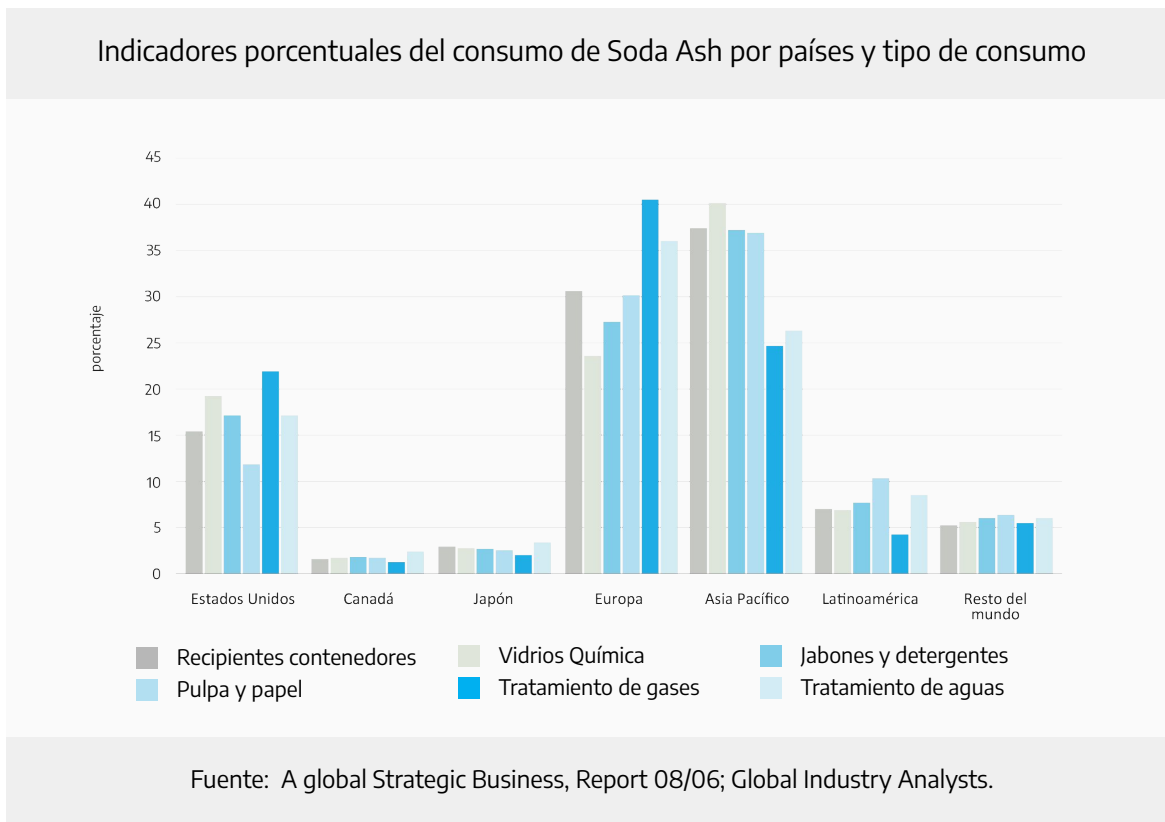
En Europa, aunque se pusieron en funcionamiento nuevas líneas de fabricación de vidrio, tales como las de Europa Central y Oriental en 2019, y las de Rusia para el año 2020, se estimó que el suministro de carbonato de sodio era más que suficiente para atender estas operaciones.

A más largo plazo, se predijo que la producción mundial de vidrio para envases a partir de materias primas podría aumentar significativamente. Pero esto dependerá, en parte, de los niveles de reciclaje de vidrio, que actualmente rondan el 35% en EE.UU. y el 78% en Europa.

Para el caso de la industria química, el consumo de los últimos años fue creciendo hasta antes de la pandemia, llegando aproximadamente a niveles del 20% anual a escala global. En particular la industria química de jabón y detergente en los últimos años tuvo un crecimiento continuo y sostenido, estabilizándose en torno al 12% anual pre-pandemia.

^[5] <https://www.globaldata.cm/>





Según estimaciones del productor estadounidense de carbonato de sodio Genesis Alkali, el consumo promedio de carbonato de sodio en los EE.UU. fue de 17 lb (7,7 kg) por hogar por año, mientras que en las economías en desarrollo esa cifra se ubica muy por debajo, solo de 5 lb (2,3 kg), lo que sugiere que existe un considerable espacio para que crezca el consumo en las economías emergentes.

En lo que respecta, a la producción de litio para baterías, ha tenido una demanda creciente a nivel global, no obstante, este mercado en particular aún es relativamente pequeño en la demanda global de Soda Ash.

China, durante los últimos años, ha tenido una demanda constante de esta materia prima, pero debido a los efectos de la pandemia, el gobierno ordenó a todos los productores la reducción de un 30%, a fin de lograr estabilizar el mercado. La restricción fue levantada en abril de 2021, pero se le sugirió a las empresas que limitaran de manera voluntaria la producción, en respuesta a la demanda del mercado futuro.

En la India, Tata (empresa de productos químicos), comunicó que sus plantas de carbonato de sodio estaban trabajando a menor capacidad, pero sus instalaciones a nivel global se encontraban en pleno funcionamiento.

El productor de carbonato de sodio Ciech Soda Romania, parte del grupo polaco Ciech, anunció a fines de marzo de 2021 que se vio "obligado" a entrar en "una espera prolongada" en el contexto de las incertidumbres económicas causadas por la pandemia de COVID19.

Las restricciones de producción podrían ayudar a respaldar el equilibrio entre la oferta y demanda de carbonato de sodio o Soda Ash, mitigar la caída de los precios, esperando la respuesta de los mercados debido a los bloqueos.

Si bien se ha observado que los distintos bloqueos por la pandemia han tenido un efecto negativo, en algunos mercados finales, particularmente en la demanda de vidrio plano el efecto ha sido positivo, viéndose favorecidos. Los envases de vidrio y los alimentos han demostrado una mayor demanda, esto se debe al alto consumo sostenido de alimentos y bebidas que han sido demandados durante la etapa de restricción de la pandemia, así como una mayor demanda de productos farmacéuticos.

En la actualidad el conflicto entre Rusia y Ucrania ha tenido un impacto en la economía global en general. Diferentes materias primas como también commodities han demostrado un alza que es propia de la incertidumbre en el suministro, especialmente en relación con la prohibición de importar gas ruso, es decir, energía. Desafortunadamente, existe un aumento significativo en el precio de materias primas cruciales para este mercado.

El precio de la energía ha generado un gran impacto negativo en distintos suministros básicos para la industria, entre ellos está principalmente el carbonato de sodio, óxidos de bario, óxidos de cobalto, óxidos de níquel y nitratos. Todos los materiales para el embalaje han sufrido un gran incremento, junto al transporte y el flete. Algunos de estos artículos están empezando a tener poco stock y los plazos de entrega se están prolongando de forma impredecible.

Carbonato de sodio y la minería del litio

De acuerdo a datos de la USGS (2022), durante el año 2021 las principales operaciones de extracción de litio se localizan en Australia, Chile, China y Argentina. Además, existen operaciones más pequeñas en Brasil, Zimbabue, Portugal y Estados Unidos, que también contribuyen a la producción mundial de litio.

Debido a la alta demanda, que favoreció el aumento de los precios del litio en 2021, todas las operaciones dieron inicio a planes de expansión, que en su momento habían sido pospuestos durante 2020, en respuesta a la pandemia mundial de COVID-19.

Para el caso de Australia, la principal fuente de litio es el espodumeno, que es un alúmino-silicato con un contenido variable de entre 1% al 8% de óxido de litio. Este tipo de mineral se encuentra en rocas pegmatíticas y es explotado, en general, mediante metodologías mineras tradicionales.

Otra fuente de litio se encuentra en las arcillas, particularmente en las conocidas como “*hectoritas*” que fueron descubiertas originalmente en 1941, en el yacimiento de bentonitas de la mina Héctor (de allí su nombre “*hectoritas*”), en los montes Cady, distrito de San Bernardino, California (Estados Unidos).

En la actualidad la principal fuente de litio se encuentra en los salares, donde Argentina, Chile y Bolivia poseen los mayores recursos a nivel mundial. La región, conocida como el Triángulo del Litio, se ha posicionado como una proveedora clave, mostrando una producción creciente en los últimos años.



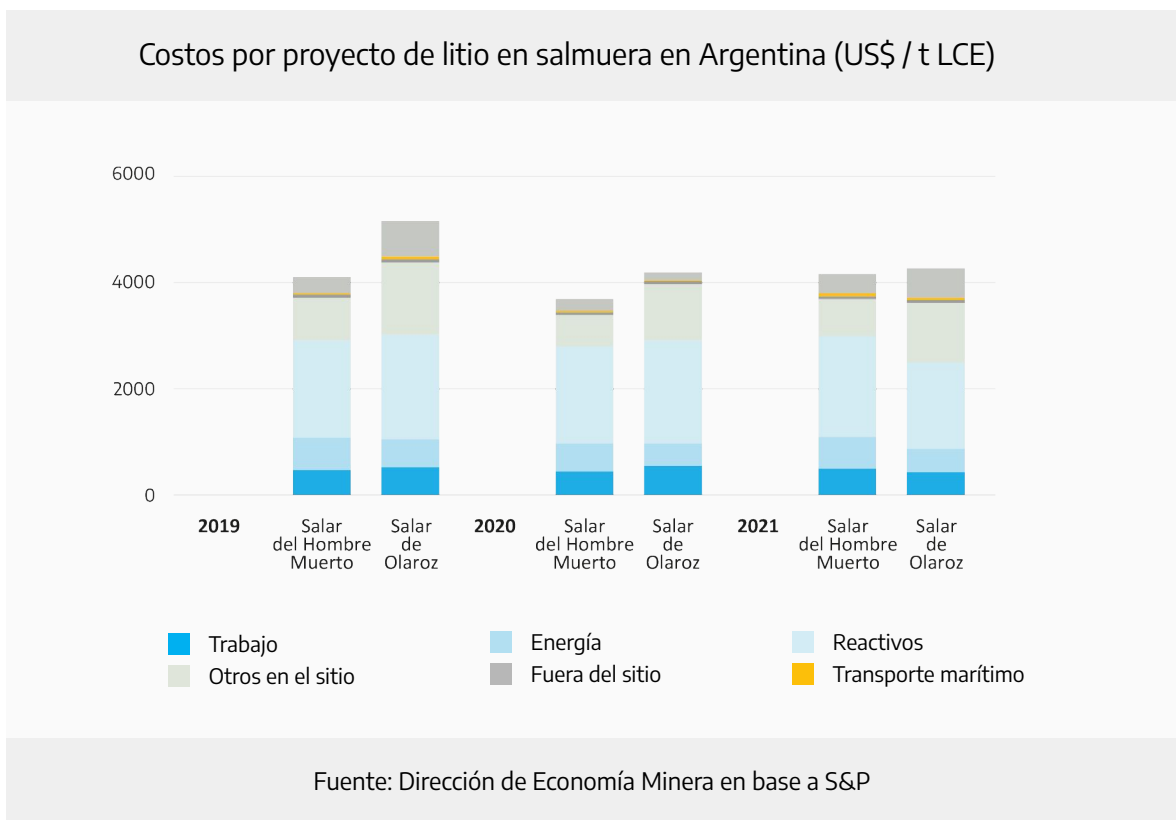


En lo que respecta a la producción de litio, Argentina operó en 2021 con una capacidad del orden de 37.500 toneladas de carbonato de litio equivalente (LCE “*Lithium Carbonate Equivalent*”) y Chile con una de 187.000 toneladas de LCE.

Argentina se posiciona actualmente como cuarto productor mundial, durante 2021, la producción de LCE fue de 32.700 toneladas, mientras que Chile se posicionó en segundo lugar con 137.200 toneladas producidas (USGS 2022). Bolivia, por diversos motivos, no ha logrado alcanzar su potencial productivo como país con el mayor recurso de litio a nivel mundial, ocupando un estado de producción marginal, con una minería de litio incipiente que sólo cuenta con experiencias pilotos.

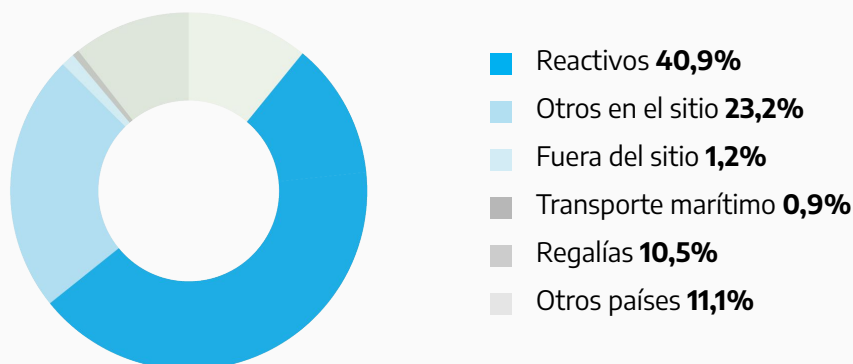
Costos en la producción

En lo que respecta a los costos de capital para la producción de carbonato de litio a partir de salmuera en Argentina, se puede observar una tendencia que a lo largo de los últimos años parece estabilizarse en torno a los 4.000 US\$/ t LCE, siendo los proyectos actuales en producción, Olaroz (cuyo controlante principal es la empresa australiana Allkem, que también cuenta con participación de JEMSE, firma de minería y energía estatal de la Provincia de Jujuy) y Mina Fénix, en Salar del Hombre Muerto, de la estadounidense Livent.



Dentro de estos costos puede observarse que el principal es el de reactivos (con 40,9% del total para el año 2019) lo cual corresponde a un total de 1.918,35 US\$/ t LCE, posicionando a la Soda Ash como una de las principales erogaciones de capital de los proyectos de litio en salmuera, tanto en Argentina como en el mundo. En segundo lugar se destacan otros costos en el sitio (23,2%) y luego trabajo y energía con 12,2% y 11,1% respectivamente.

Composición del gasto de producción de litio en salmuera para Argentina, 2019



Fuente: Dirección de Economía Minera en base a S&P

Por último, se encuentran las regalías a las provincias, que representan un 10,5% del total de los gastos y, en menor grado de significancia, los costos de transporte, tanto internos como de exportación marítima. Cabe aclarar que las regalías, son consideradas por las empresas como un costo en la producción debido a que corresponden estrictamente a la retribución que las firmas hacen al estado provincial en contrapartida a la explotación del recurso. Más allá de lo mencionado, las empresas deben afrontar cargas tributarias a nivel nacional y provincial como, por ejemplo, impuesto a las ganancias, derechos de exportación, entre otros que no se analizan en este apartado sobre costos de producción.

Importación de Soda Ash

Para el período 2016 - 2020 sólo la minería de litio importó 337.901 toneladas, es decir 34% del total de las importaciones de este compuesto químico.

Al sumar las importaciones de Soda Ash de los productores de litio junto a los datos de producción de este metal alcalino, se obtiene para el período 2016-2020, que los precios de importación de Soda Ash promedian un valor aproximado de US\$ 298 por tonelada.

Partiendo de un análisis químico teórico, se precisan 1,4 toneladas de Soda Ash para obtener una tonelada de LCE. Como se puede observar en la tabla, esta relación a escala producción puede resultar algo mayor a la teórica, siendo así que durante el periodo 2016-2020 se utilizaron, en promedio, unas 2 toneladas de Soda Ash por cada tonelada de LCE producida.

Teniendo en cuenta lo anterior, se estima un requerimiento teórico de 345.100 a 493.000 toneladas de carbonato de sodio anuales, para satisfacer la producción proyectada de litio para el 2030. No obstante, durante el transcurso del "3er Congreso y Exposición - Litio América Latina 2022", llevado a cabo el 26 y 27 de julio en Ciudad Autónoma de Buenos Aires, exponentes de la firma ERAMINE SA, indicaron una demanda de entre 500 y 580 mil toneladas de carbonato de sodio para 2024-2025.

Importación de Soda Ash para minería y producción de LCE

Año	Importación de Soda Ash (t)	Importación de Soda Ash (US\$)	Producción LCE (t)	Consumo Soda Ash por LCE producida (t)
2016	52.808	15.035.261	30.873	1,71
2017	73.308	21.949.851	30.341	2,416
2018	82.813	24.152.170	34.067	2,431
2019	64.229	20.097.445	34.067	1,885
2020	64.743	19.657.317	33.003	1,962
Promedio Anual	67.580	20.178.409	32.470	2,081

Fuente: Dirección de Economía Minera en base a datos consultados de la Dirección de Información y Transparencia Minera, y Aduana.

Escenario actual y proyecciones en la producción de litio en Argentina

La operación de Mina Fénix, propiedad de la empresa estadounidense Livent, es el proyecto de litio más antiguo en el país, se encuentra en el Salar del Hombre Muerto, Catamarca, desde 1997. Actualmente dispone de una capacidad productiva de 20.000 toneladas de LCE anuales, que exporta como carbonato y cloruro de litio, desde Antofagasta de la Sierra (Catamarca) y Güemes (Salta).

La empresa anunció inversiones por US\$ 1.100 millones, que le permitirán ampliar inicialmente su capacidad en 20.000 toneladas, que podrían comenzar a operar de manera paulatina entre 2024 y 2025, llevando su producción a 40.000 toneladas anuales LCE. En una etapa posterior, la empresa tiene previsto duplicar dicha expansión, por lo que incorporaría unas 20.000 toneladas adicionales en la próxima década y así alcanzar las 60.000 toneladas de producción de LCE anuales.

Sales de Jujuy es la sociedad que opera en Salar Olaroz, en la actualidad cuenta con capacidad de producción de 17.500 toneladas de carbonato de litio grado batería desde 2015. Sus planes de inversión por US\$400 millones permitiría aumentar sus niveles productivos hasta las 42.500 t anuales LCE.

Considerando estas ampliaciones en los proyectos actualmente operativos, sumado a la puesta en marcha de seis nuevos proyectos que hoy están en etapa de construcción, se estaría llegando a una producción aproximada de 246.500 toneladas anuales de LCE hacia el fin de esta década.



Escenario actual y proyecciones en la producción de litio en Argentina

Proyecto	Provincia	Estado	Capacidad productiva LCE t/año	Actualidad / Proyección al 2030
Fénix	Catamarca	Operación	20.000	Actualmente capacidad 37.500 tn
Olaroz	Jujuy	Operación	17.500	
Fénix Fase II y III	Catamarca	Ampliación	40.000	Al año 2030 capacidad 246.500 tn
Olaroz	Jujuy	Ampliación	25.000	
Cauchari-Olaroz	Jujuy	Construcción	40.000	
Centenario-Ratones	Salta	Construcción	24.000	
Sal de Oro	Salta	Construcción	25.000	
Mariana	Salta	Construcción	20.000	
Sal de Vida	Catamarca	Construcción	15.000	
Tres Quebradas	Catamarca	Construcción	20.000	

Fuente: Dirección de Economía Minera en base a datos relevados en la Cartera de Proyectos.

Demanda de Soda Ash y producción de litio

Debido al potencial productivo de litio en el noroeste argentino existe una demanda potencial de carbonato de sodio. Esto ha llevado a que se evalúe la posibilidad de instalar una planta industrial Solvay que abastezca de este componente a los actuales proyectos de litio^[6]. Se justifica tanto en el marco de la necesidad como también en la existencia de las materias primas que se encuentran presente en el Noroeste Argentino.

Los dos principales insumos para el proceso Solvay clásico tal como ya se ha detallado en apartados anteriores, es el carbonato de calcio que podría ser suplantado por un subproducto como es el óxido de calcio, junto al cloruro de sodio. Además de estos dos materiales será necesario suministrar una fuente de energía, la cual representa el mayor costo en el proceso. Se debe tener en consideración que de acuerdo al material utilizado en el proceso, se puede generar emisiones de dióxido de carbono generando un impacto ambiental. Como punto a destacar, la región se caracteriza por ser una de las mejores zonas a nivel mundial para la instalación de paneles para generar energía solar. De esta manera, se bajan los costos de la energía y se disminuyen las emisiones.

Dando cuenta de esta necesidad se pueden apreciar las importaciones de Soda Ash durante el período 2016-2020 destinadas únicamente para la producción de carbonato de litio que fueron a razón de 67.580,20 toneladas promedio anuales, representando un 34% de la importación total y que, tal como se mencionó, se espera que a medida que nuevos proyectos vayan ingresando en operación este número vaya en aumento y ganando más participación en el total importado.

[6] Proyecto: Instalación de una planta de carbonato de sodio en el noroeste argentino, para la producción de carbonato de litio. López de Azarevich 2020.



Importación Soda Ash para minería en relación a la importación total

Año	Importación total p/ diversos usos (t)	Importación total p/ diversos usos (US\$)	Importación p/ producción LCE (t)	% Importación destinado a LCE
2016	167.927,61	35.969.785,81	52.808,00	31,45
2017	237.958,46	49.657.942,43	73.308,00	30,81
2018	208.959,21	44.314.595,81	82.813,00	39,63
2019	192.456,01	43.363.780,77	64.229,00	33,37
2020	181.557,17	40.958.796,04	64.743,00	35,66
Media	197.771,69	42.852.980,17	67.580,20	34,18

Fuente: Dirección de Economía Minera en base a datos consultados de la Dirección de Información y Transparencia Minera, y Aduana.

Dado el actual contexto en el aumento de la energía, materias primas y logística no sería previsible que los precios de este insumo tiendan a disminuir en el corto plazo. A esto se suma que en un futuro próximo la demanda de carbonato de sodio aumentará en relación al aumento de la producción de litio tanto en Argentina como en Chile.

Para el caso del país vecino, se espera que produzca 200 mil toneladas para el año 2025 y llegue a una producción cercana a las 288 mil toneladas para 2030. En el mismo período se espera que Argentina llegue a producir 246,5 mil toneladas, como ha sido expuesto anteriormente. En total, hacia 2025 el Triángulo del Litio estaría produciendo 322.500 toneladas de LCE y, a partir de 2030, se aproximaría a las 535 mil toneladas de este concentrado.

Argentina en la actualidad posee un consumo promedio de 67.580 toneladas de Soda Ash para la obtención de compuestos de litio, que implican un costo por importación directa de US\$ 20,21 millones. De concretarse la producción estimada para 2030, y de mantenerse el precio promedio por tonelada del insumo, el costo por importación para satisfacer la demanda se ubicaría en torno a US\$ 103 y US\$147 millones.



Bibliografía

- Cantolla T. M., Valdez S, K., Abregú B. A., Orce A. Análisis Comparativo de Alternativas de obtención de carbonato de litio en Argentina. Desarrollo Regional. Vinculación Universidad, Empresa y Estado. Facultad de Ingeniería, INBEMI. Universidad Nacional de Salta
- Dennis Kostick, "Soda Ash," from Mineral Commodity Summaries, U.S. Bureau of Mines, January 1995, pp. 156-157.
- Dennis S. Kostick, "Soda Ash and Sodium Sulfate," from Minerals Yearbook Volume 1. Metals and Minerals, U.S. Bureau of Mines, 1992, pp. 1237-1250.
- Dennis Kostick, "Soda Ash," from Industrial Minerals and Rocks, 6th ed., Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, 1994, pp. 929-955
- Gidey, B. and Konka, B. (2018). Challenges Associated with Quality of Soda Ash, Abijata Lake, Central Main Ethiopian Rift, Ethiopia
- Palacios, A., H. (1973). Informe sobre depósitos de Carbonatos de Sodio en Santa Cruz.
- Ramírez L., N., P. (2013) Purificación de trona. Tesis de Licenciatura. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Ciencias Puras y Naturales, Carrera de Ciencias Química. Bolivia.
- Reveberi, O., V. (1982) Carbonato de sodio Natural en la República Argentina. Servicio Minero Nacional.
- Sales. Seminario de estudios sobre el Ciclo de Minerales y Materiales. SEGEMAR & USAM. Publicación Técnica SEGEMAR – USAM, diciembre de 2003. ISSN 0329-5230.
- Syrett L. Published: Tuesday, 12 May 2020. Soda Ash faces new market forces.
<https://www.indmin.com/Article/3932173/SodaAsh-Features/Soda-ash-f>
- Takalani Madima (2009). Manufacturing of Synthetic Soda Ash. Msc. Thesis, Department of Physics, University of the Western Cape.
- USGS (2022) Mineral Commodity Summaries 2022. U.S. Geological Survey, 202 p.,
<https://doi.org/10.3133/mcs2022>. Associated data for this publication: U.S. Geological Survey, 2022, Data release for mineral commodity summaries 2022: U.S. Geological Survey data release,
<https://doi.org/10.5066/P9KKMCP4>





Ministerio de Economía
Argentina

Secretaría de Minería

