

Demanda de insumos químicos en minería de litio de Argentina

Estimaciones y proyecciones



Cámara Argentina de Empresas Mineras



CIQyP
Cámara de la Industria
Química y Petroquímica



ACERCA DE ESTE ESTUDIO

Metodología de trabajo

- El presente informe constituye un **ejercicio teórico** a los fines de determinar la **demanda de insumos químicos** que representará el desarrollo de la industria minera del litio en nuestro país y principalmente en las provincias del Noroeste Argentino.
- **El trabajo fue impulsado por** la Cámara Argentina de Empresas Mineras (**CAEM**), **con la colaboración técnica** de la Cámara de la Industria Química y Petroquímica (**CIQyP**) y la empresa **TAGING**.
- Se construyeron **dos escenarios hipotéticos** para momentos de tiempo diferenciados, a partir del relevamiento de proyectos de litio durante el primer semestre de 2024. Los escenarios buscan ser realistas respecto a las capacidades de producción que se desarrollarán durante la próxima década.
- Los **años de puesta en marcha** fueron tomados en función de la planificación de las empresas mineras, pero su concreción depende de múltiples factores, por lo que pueden variar.



INDUSTRIA QUÍMICA

El litio como dinamizador

- Argentina se posiciona como el 4to productor de litio a nivel global y en el primer semestre de 2024 la producción se ubicó por encima de las 31 mil toneladas.
- La minería de litio es **intensiva en el uso de reactivos químicos**, los cuales representan aproximadamente el 48% de sus costos operativos, por lo que su abastecimiento de forma confiable y competitiva es fundamental para sostener el dinamismo de la industria.
- En un contexto de crecimiento de la producción, el presente trabajo busca dar cuenta de las necesidades de insumos químicos, requerimientos técnicos y la capacidad de abastecimiento local.



PRODUCCIÓN DE LITIO

Conceptos generales

- El litio es un elemento ampliamente presente en la naturaleza, y entre sus diversas fuentes destacan las salmueras de los salares ubicados en la región de la **Puna argentina**.
- Los salares son reservorios de salmueras, donde además se encuentran **litio y otros muchos elementos** como boro, bromo, calcio, carbonatos, cloruros, nitratos, magnesio, potasio.
- Los salares se ubican en **cuencas endorreicas**, donde el agua acumulada no fluye hacia el mar, océano o lago externo.
- La salmuera tiene un contenido aproximado de litio de 0,05% y **luego del proceso productivo se obtiene un compuesto de litio con niveles de pureza de más del 99%**.

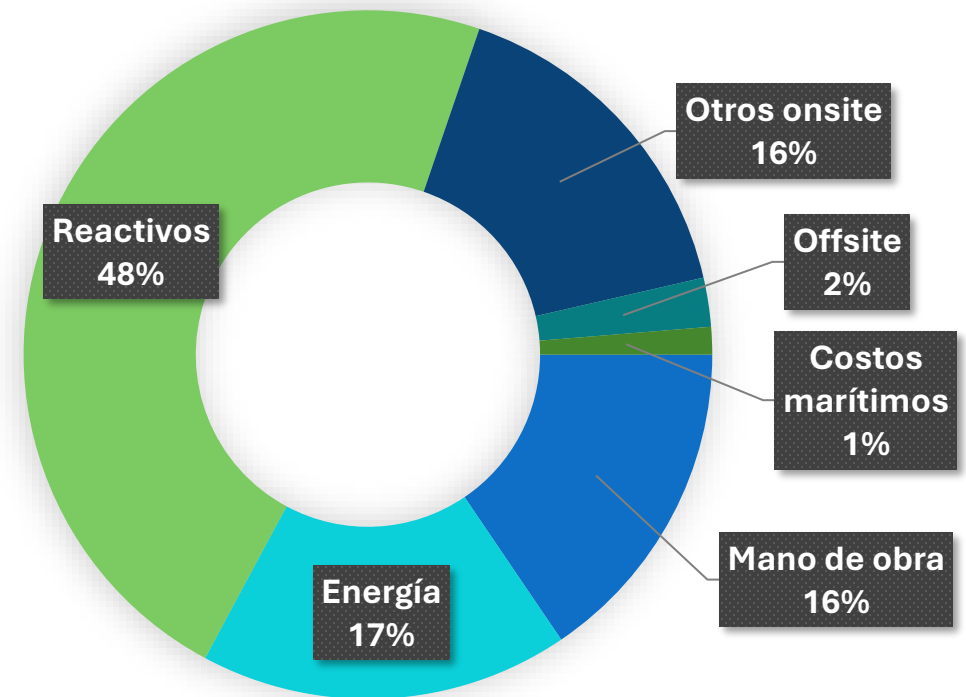


COSTOS DE LA MINERÍA DE LITIO

Insumos químicos representan ~48%

- La minería de litio en salmueras constituye una **industria intensiva en procesos químicos**.
- Los **reactivos** constituyen el principal costo operativo, según S&P Capital IQ, representando en promedio el 48% de los costos de producción del carbonato de litio en Argentina.
- La industria química es por lo tanto un actor fundamental en la competitividad del sector minero de litio.

Costos promedio de producción de carbonato de litio en salares de Argentina



PRODUCCIÓN DE LITIO

Método tradicional por evaporación

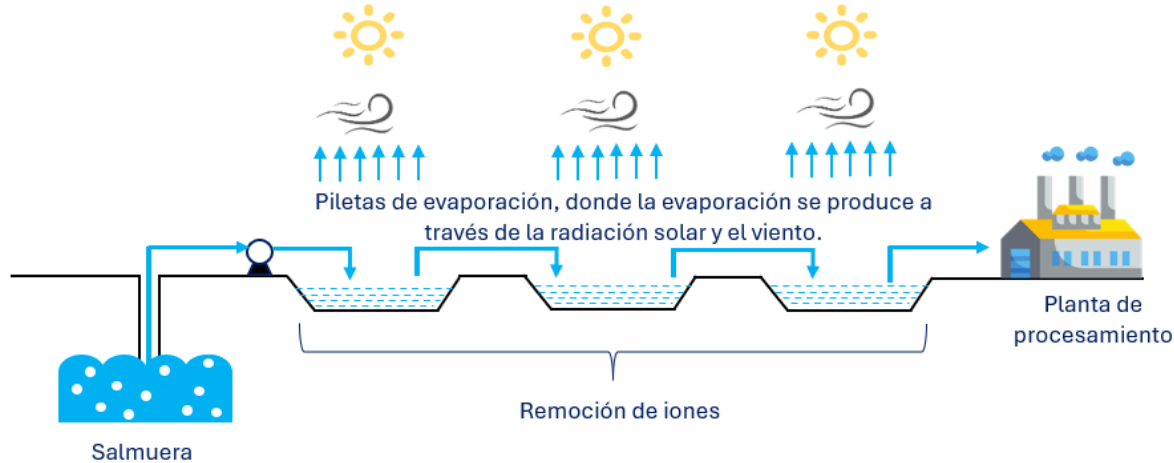
- Para separar y concentrar el litio del resto de los elementos que se encuentran en la salmuera, el método más utilizado es el “**Evaporítico**”.
- Consiste en el bombeo de la salmuera y colocación en piletas impermeabilizadas, donde es tratada con reactivos y sometido a la radiación solar en diferentes etapas, para su evaporación.
- El proceso de concentración y purificación del litio finaliza en la planta química, donde se le aplican solventes y filtrados para la obtención del compuesto de litio.
- Las condiciones climáticas y medioambientales influyen en el rendimiento. La evaporación requiere entre 12 y 18 meses.
- Depende de la composición química de la salmuera. No es aplicable a salmueras diluidas.



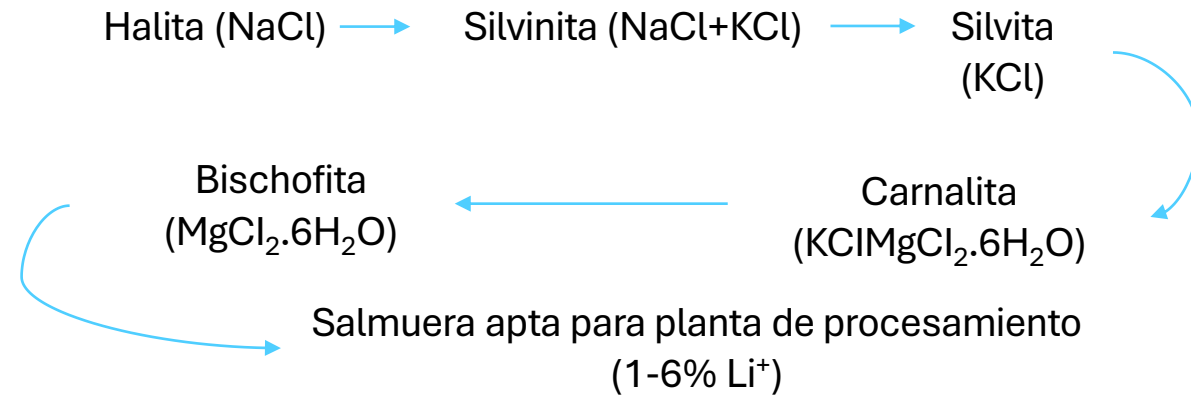
PRODUCCIÓN DE LITIO

Método tradicional por evaporación

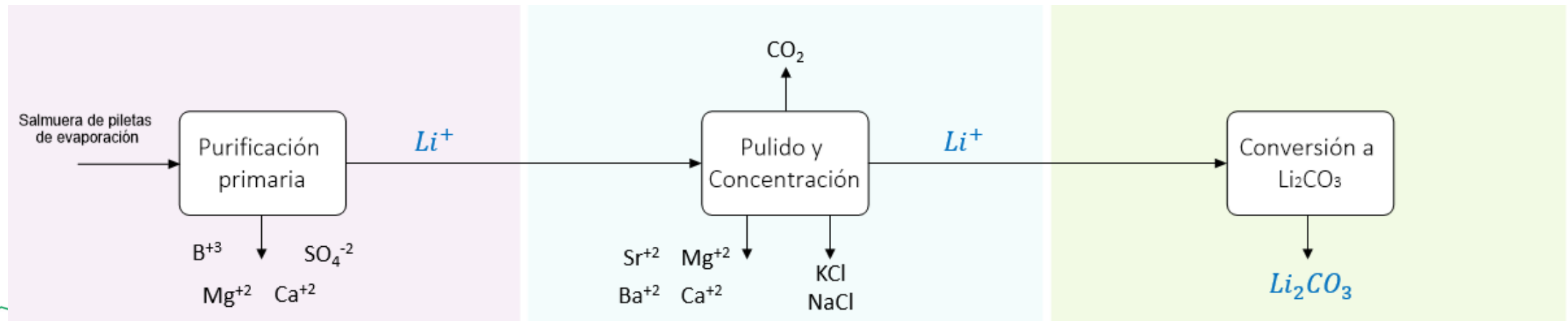
1. Concentración de litio en piletas evaporíticas.



2. Precipitación secuencial de sales típica en piletas evaporíticas.



3. Etapas de procesamiento en planta.



PRODUCCIÓN DE LITIO

Métodos de extracción directa (DLE)

- Si bien no existe una única tecnología de extracción directa, en todas se busca **separar selectivamente al ion Litio** de los demás componentes de la salmuera.
- En esta tecnología no existe dependencia de la composición química de la salmuera y puede aplicarse a salmueras diluidas.
- Como principales beneficios a considerar se encuentra la significativa reducción del tiempo de proceso, eliminación de las piletas en tanto no existe evaporación mediante radiación solar, ni dependencia de la condiciones climáticas o medioambientales.
- Modera el consumo de agua.



PRODUCCIÓN DE LITIO

Métodos de extracción directa (DLE)

Tecnologías DEL existentes

Adsorción específica de Litio en materiales inorgánicos: LMO, LTO y Li/Al-LDHs

- Extracción por solventes con moléculas secuestrantes específicas del ion Litio (óxidos de fosfina)

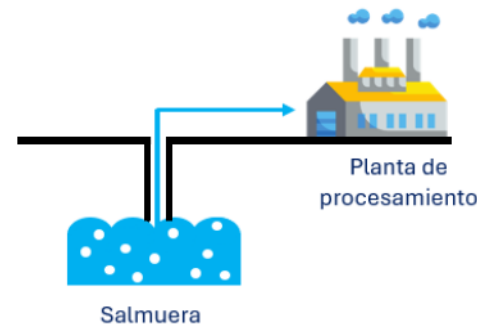
- Nanofiltración con membranas selectivas

- Electrodiálisis directa de salmueras (membranas)

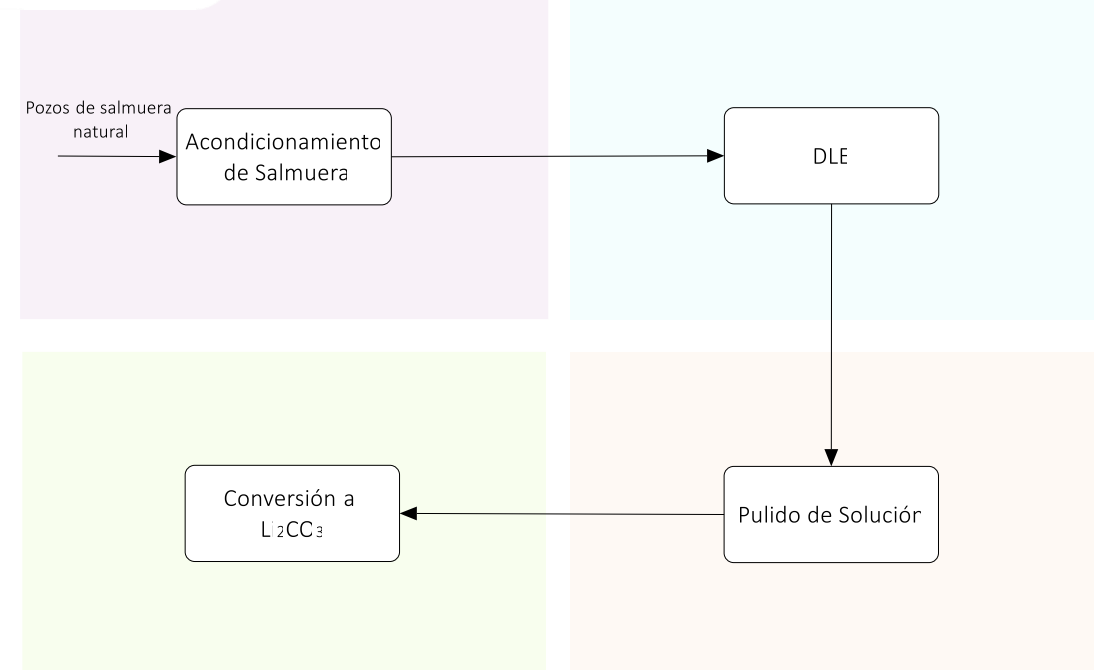
- Extracción electroquímica

- Precipitación de fosfato de litio y posterior electrodiálisis

1. Proceso de producción DLE



2. Etapas generales de obtención de Li_2CO_3 utilizando DLE



INSUMOS QUÍMICOS UTILIZADOS EN LA MINERÍA DE LITIO

Ácido Sulfúrico (H_2SO_4)



Presentación:

Estado líquido, con densidad aproximada de $1,84 \text{ g/cm}^3$ dependiendo del productor y la especificación final que indique el cliente.



Modalidad de transporte:

A granel en camiones cisterna o en BINS
(Contenedores IBC – Intermediate Bulk Container).



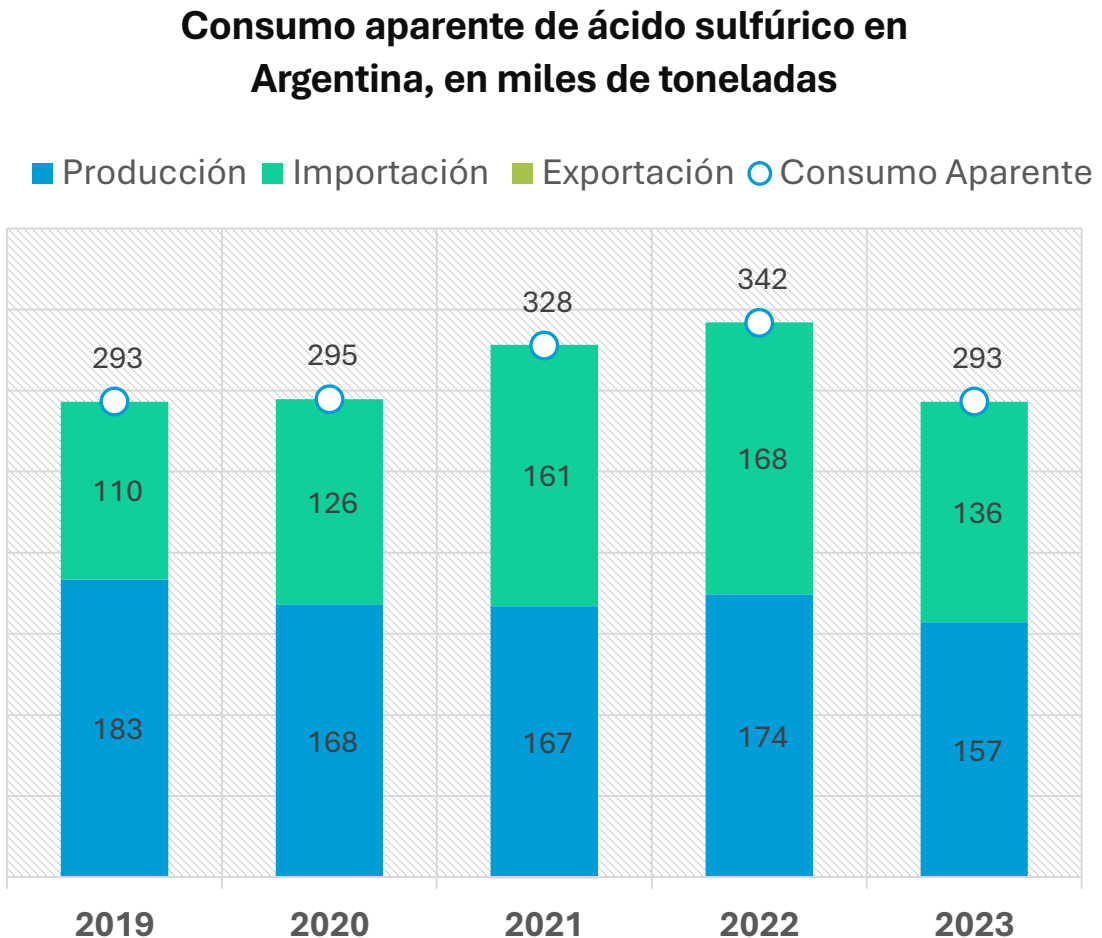
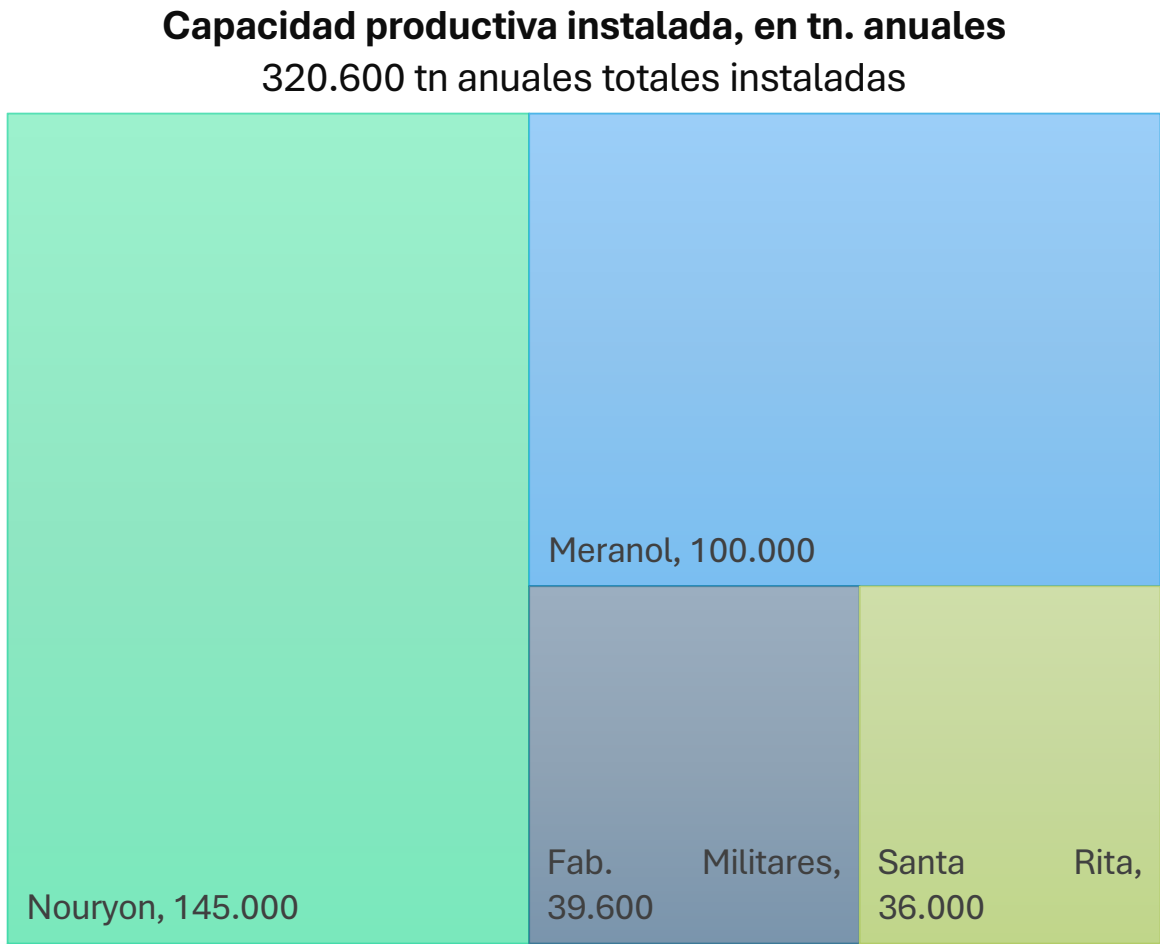
Función en el proceso productivo:

Lavado ácido de cañerías y equipos, según sea requerido por el proceso.

INSUMOS QUÍMICOS UTILIZADOS EN LA MINERÍA DE LITIO

Ácido Sulfúrico (H₂SO₄)

La mitad del consumo local se cubre con producción nacional. Las importaciones responden principalmente a ácido sulfúrico residual de minería (mayoritariamente de Chile) con un costo sensiblemente inferior, que es utilizado en la producción de fertilizantes fosforados



INSUMOS QUÍMICOS UTILIZADOS EN LA MINERÍA DE LITIO

Cal (CaO)



Presentación:

Se presenta en estado sólido (polvo), con densidad aproximada $2,8 \text{ g/cm}^3$ dependiendo del productor y la especificación final que indique el cliente.



Modalidad de transporte:

A granel en camión silo o en Big Bags.



Función en el proceso productivo:

Purificación de salmuera.

INSUMOS QUÍMICOS UTILIZADOS EN LA MINERÍA DE LITIO

Cal (CaO)

La producción de cal se origina en operaciones mineras. Existe una amplia variedad de productores, aunque para litio es determinante la pureza del producto, por lo que se abastece principalmente de yacimientos de San Juan.

Principales Productores

- Caleras San Juan
- Calidra
- FGH
- Albors
- Los Tilianes (Jujuy)

Capacidad Instalada (Estimada):

2.385.000 toneladas en la provincia de San Juan*



Foto: Caleras San Juan (San Juan)

*debido a la dispersión de productores se presentan datos disponibles de San Juan, principal proveedor de las empresas de litio en la actualidad / Fuente: Presentación Caleras San Juan

INSUMOS QUÍMICOS UTILIZADOS EN LA MINERÍA DE LITIO

Hidróxido de Sodio (NaOH)



Presentación:

En estado líquido y sólido, comercializándose en cualquiera de sus formas según la especificación final que indique el cliente



Modalidad de transporte:

Puede ser a granel en camiones cisterna o en BINS (Contenedores IBC – Intermediate Bulk Container), sacos o Big-Bags, dependiendo del proveedor.



Función en el proceso productivo:

- Remoción de Carbonatos.
- Ajuste de pH.
- Intercambio iónico/Separación por membranas.
- Tratamiento de Efluentes.

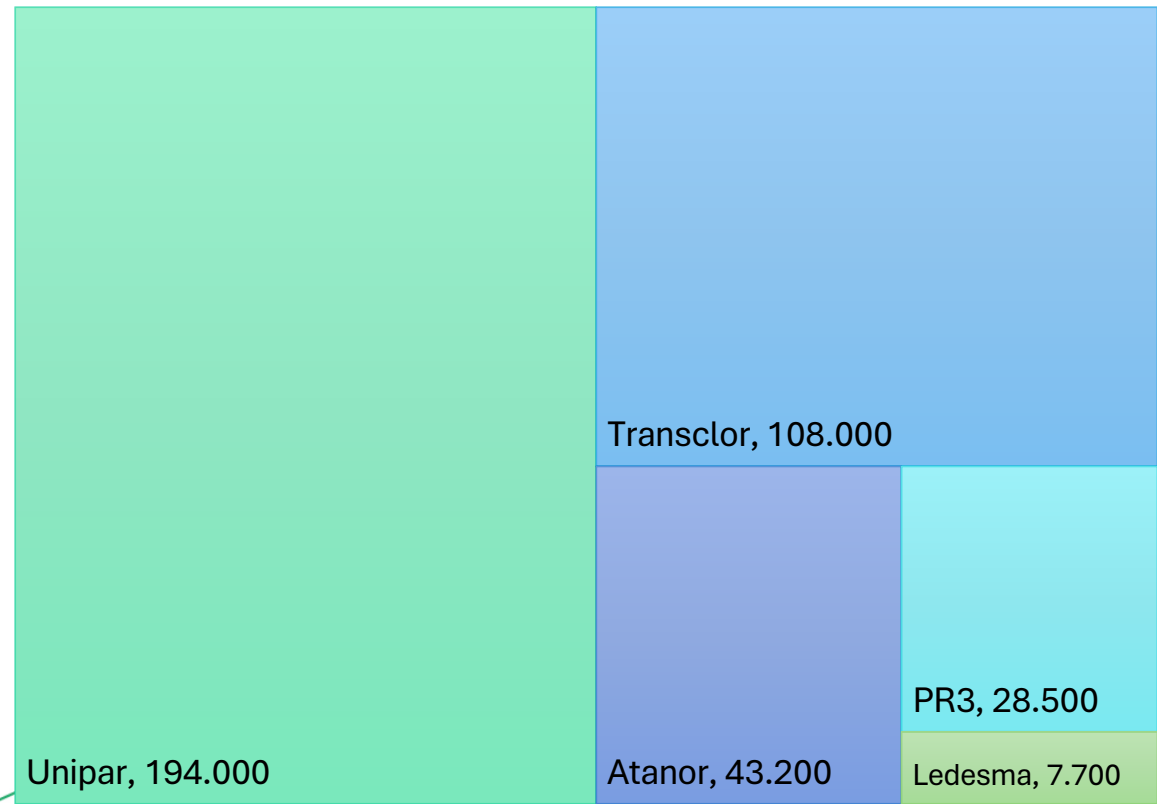
INSUMOS QUÍMICOS UTILIZADOS EN LA MINERÍA DE LITIO

Hidróxido de Sodio (NaOH)

Existen cinco productores locales con una capacidad productiva que excede al consumo local. Se comercializa principalmente en formato acuoso (50% agua), aunque para operaciones de litio existe conveniencia de abastecerse en formato solido (perlado).

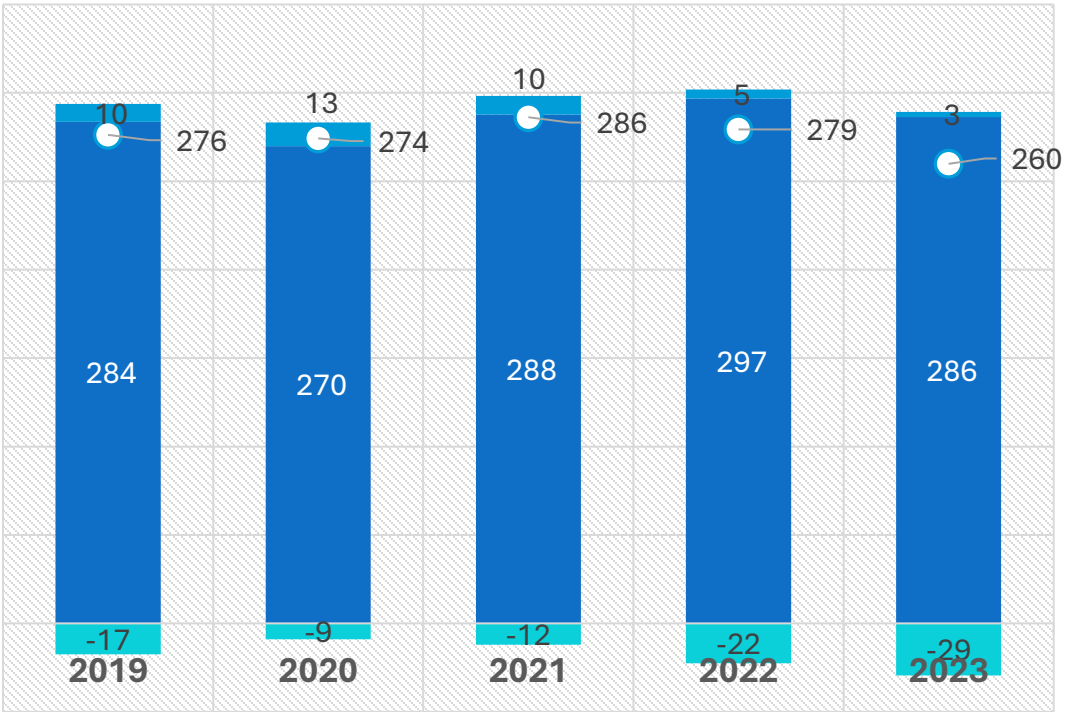
Capacidad productiva Instalada, en tn. anuales*

381.400 tn. anuales totales instaladas



Consumo aparente de hidróxido de sodio en Argentina, en miles de toneladas

■ Producción ■ Importación ■ Exportación ○ Consumo Aparente



INSUMOS QUÍMICOS UTILIZADOS EN LA MINERÍA DE LITIO

Ácido Clorhídrico (HCl)



Presentación:

Estado líquido, con densidad aproximada de $1,18 \text{ g/cm}^3$ dependiendo del productor y la especificación final que indique el cliente.



Modalidad de transporte:

A granel en camiones cisterna o en BINS (Contenedores Intermediate Bulk Container), dependiendo del proveedor.



Función en el proceso productivo:

- Remoción de Carbonatos.
- Ajuste de pH.
- Intercambio iónico/Separación por membranas.
- Tratamiento de Efluentes.

INSUMOS QUÍMICOS UTILIZADOS EN LA MINERÍA DE LITIO

Ácido Clorhídrico (HCl)

Se trata de un producto derivado de la producción de cloro, donde se encuentra asociado además la producción de soda caustica, por lo que se trata de los mismos productores que este último.

Productores

- Unipar
- Transclor
- PR3/Atanor
- Ledesma

Capacidad Instalada (Estimada):

423.000 toneladas en base acuosa, concentración al 32%



Foto: Planta electrolíticas de Ledesma (Jujuy)

INSUMOS QUÍMICOS UTILIZADOS EN LA MINERÍA DE LITIO

Carbonato de Sodio (Na_2CO_3)



Presentación:

En estado sólido, con densidad aproximada de 1,12 g/cm³ dependiendo del productor y la especificación final que indique el cliente.



Modalidad de transporte:

En Big Bags.



Función en el proceso productivo:

Reacción de Carbonatación para la obtención del producto final.

INSUMOS QUÍMICOS UTILIZADOS EN LA MINERÍA DE LITIO

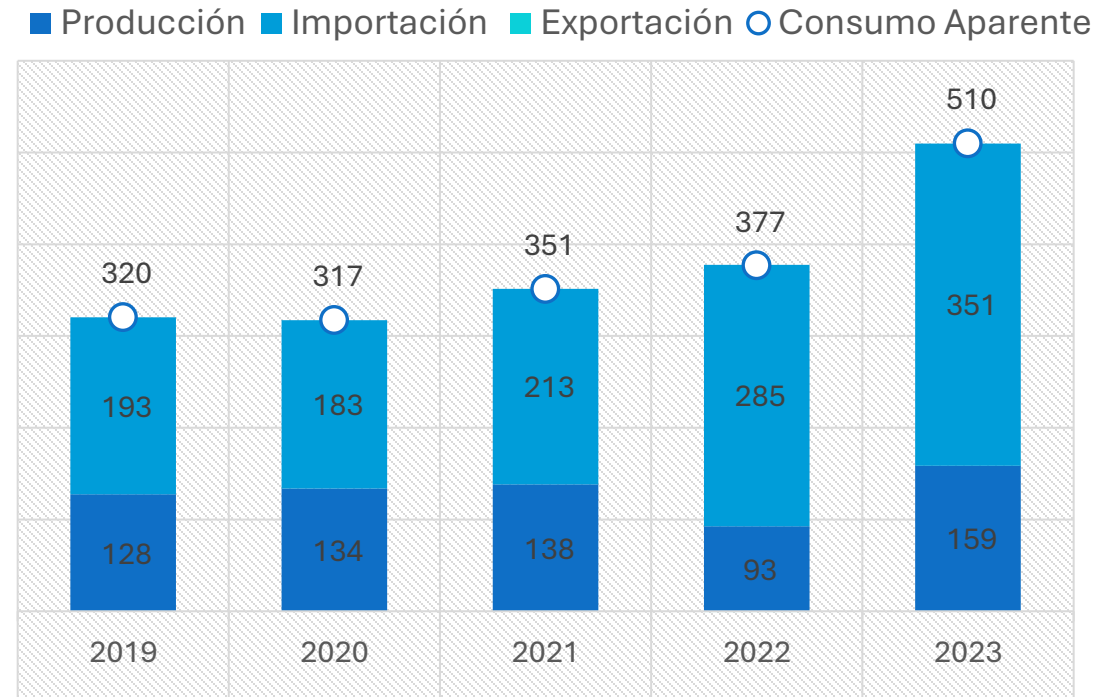
Carbonato de Sodio (Na_2CO_3)

Se trata de uno de los insumos de mayor impacto en los costos en la producción de litio. El carbonato de sodio (o soda ash) se obtiene de depósitos minerales o por producción química. ALPAT es un productor químico y único oferente a nivel local, quien cubre parcialmente al consumo interno.

Capacidad productiva Instalada, en tn. anuales*
250.000 tn. anuales totales instaladas



Consumo aparente de carbonato de sodio en Argentina, en miles de toneladas



INSUMOS QUÍMICOS UTILIZADOS EN LA MINERÍA DE LITIO

Dióxido de Carbono (CO₂)



Presentación:

En estado sólido (hielo seco), gaseoso (dióxido de carbono comprimido) o líquido con distintos niveles de pureza y volumen.



Modalidad de transporte:

A granel, en cilindros individuales y recipientes criogénicos móviles.



Función en el proceso productivo:

Purificación del producto final.

INSUMOS QUÍMICOS UTILIZADOS EN LA MINERÍA DE LITIO

Dióxido de Carbono (CO₂)

El dióxido de carbono se obtiene de la separación de gases industriales y acondicionamiento de gas natural para transportarlos en gasoductos. Se comercializa a granel, comprimido o en forma líquida.

Principales Productores

- Air Liquide
- Linde Praxair



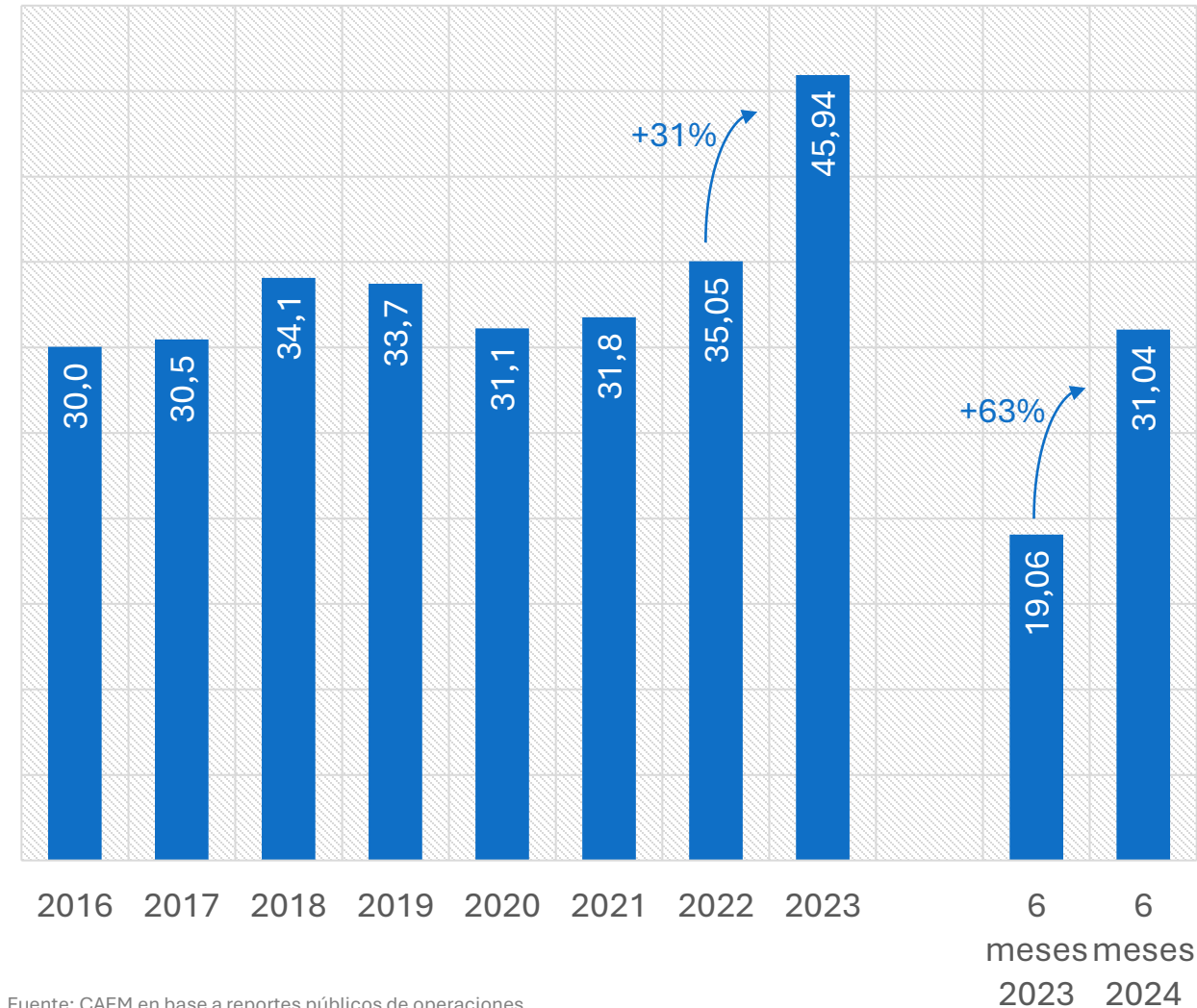
Foto: www.linde.ar

PRODUCCIÓN DE LITIO

Evolución Histórica

- La producción de litio en Argentina se encuentra en franco aumento, gracias a la expansión de sus operaciones y la paulatina incorporación de nuevos proyectos.
- Durante 2023 la producción en nuestro país alcanzó las 45,94 mil toneladas de litio, medido en carbonato de litio equivalente (LCE), valor que se ubicó un 31% por encima al del año previo.
- En el primer semestre de 2024, la producción se ubicó por encima de las 31 mil tn. LCE, lo cual representa un incremento aún mayor (63%) respecto a mismo período de 2023.

Producción de litio en Argentina
en miles de toneladas LCE



PRODUCCIÓN DE LITIO

Inversiones en curso

Al momento del comienzo del estudio, se relevaron operaciones y proyectos de litio que se encontraban en construcción a los fines de estimar la demanda de insumos químicos en el mediano plazo.

Proyectos de litio en construcción, relevamiento primer semestre 2023

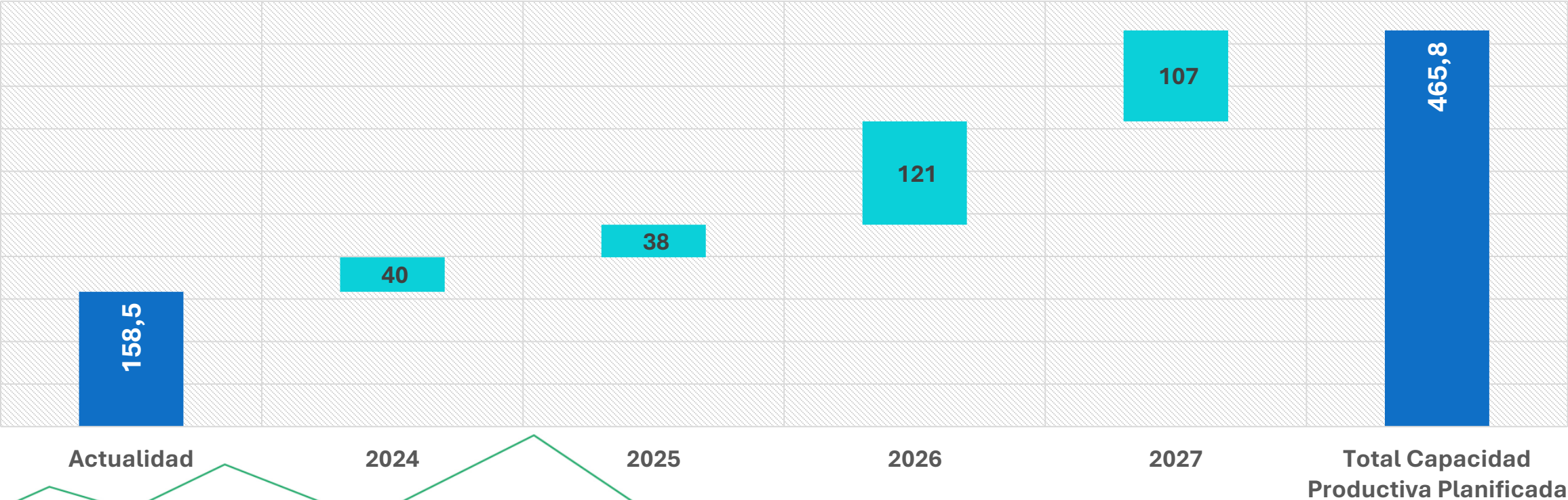
Proyecto/ Operación	Método Productivo	Capacidad Instalada (toneladas LCE/año)	
		Actualidad	2026
Fénix	Combinado (DLE-Evaporítico)	30.000	40.000
Salar Olaroz	Evaporítico	42.500	42.500
Cauchari Olaroz	Evaporítico	40.000	40.000
Sal de Vida	Evaporítico	-	15.000
Tres Quebradas	Evaporítico	-	20.000
Cent. Ratones	Extracción Directa	24.000	24.000
Sal de Oro	Evaporítico	22.000	22.000
Mariana	Evaporítico	-	20.000
Rincón	Extracción Directa	-	3.000
Capacidad Productiva Acumulada		158.500	226.500

PRODUCCIÓN DE LITIO

Proyecciones a Futuro

A partir de la puesta en marcha de cinco proyectos y ampliaciones, Argentina ya cuenta con una capacidad instalada para producir 158,5 mil toneladas LCE. Además, cuenta con proyectos con puesta en marcha planificada que le permitirán incrementarla hasta 465,8 mil toneladas LCE.

Incremento de capacidad productiva, según fechas planificadas
en miles de toneladas de Litio Carbonato Equivalente (LCE)



PROYECCIÓN DE CONSUMO DE INSUMOS QUÍMICOS

Factores de consumo

Para estimar la demanda futura de insumos químicos, se relevó de las operadoras el consumo por tonelada LCE producida. En base a esta información y la experiencia de TAGING como empresas de ingeniería especializada, se obtuvo un factor de consumo por tonelada de carbonato de litio para cada reactivo.

Reactivo	Formula	Factor Método Evaporítico <i>tn. / tn. carb. de litio</i>	Factor Método DLE <i>tn. / tn. carb. de litio</i>
Dióxido de Carbono	CO ₂	0,9	0,9
Ácido Clorhídrico	HCl	0,5	1,7
Soda Cáustica	NaOH	0,24	0,24
Soda Ash	Na ₂ CO ₃	2	2
Cal	CaO	2,8	0,02

Supuestos utilizados:

- Se asumen consumos similares para los proyectos con el mismo método producción.
- Los factores calculados para NaOH se basan en el sólido puro, es decir que corresponden a NaOH 100%.
- Los factores calculados para HCl se basan en una solución del 32%.
- Se considera la recuperación de CO₂ alimentado en exceso.

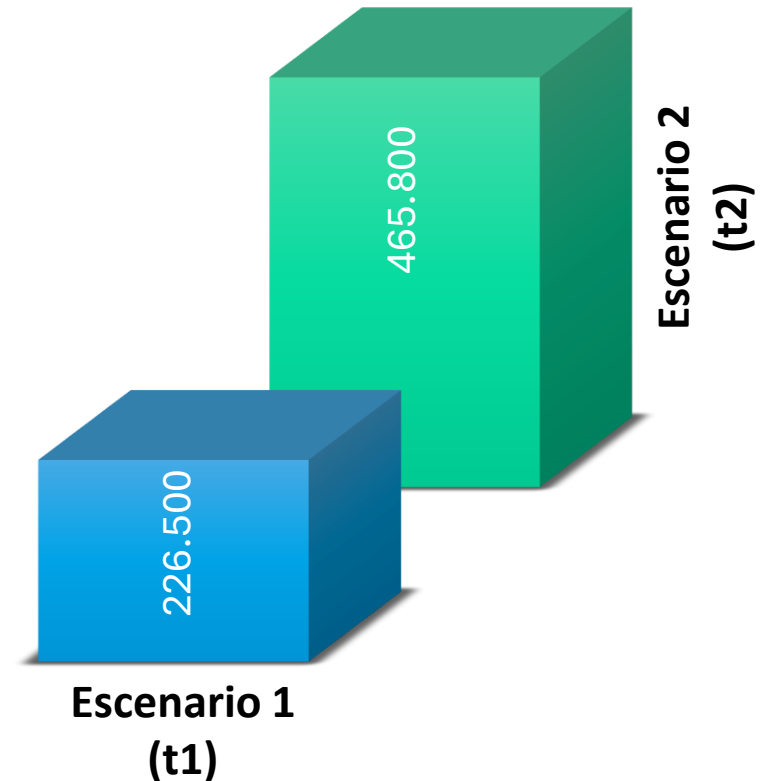
PROYECCIÓN DE CONSUMO DE INSUMOS QUÍMICOS

Escenarios de Producción de Litio

En función de la información relevada, se establecen dos escenarios de producción de compuestos de litio, que ocurrirían de forma sucesiva en dos momentos de tiempo diferenciados:

- **Escenario 1:** se trata de un escenario de mediano plazo, donde se consideran únicamente los proyectos en construcción relevados en la filmina 23;
- **Escenario 2:** contempla un período de tiempo mayor, ya que a los proyectos en construcción (escenario 1) suma los que ya cuentan con planificación de puesta en marcha (filmina 24).

Producción Li_2CO_3 en toneladas LCE



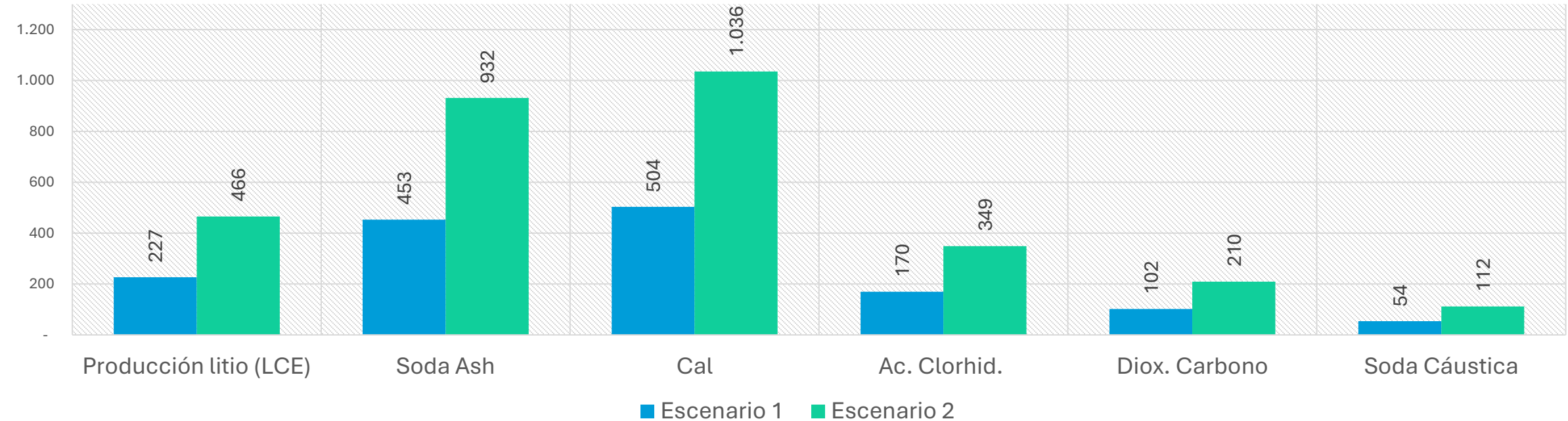
PROYECCIÓN DE CONSUMO DE INSUMOS QUÍMICOS

Consumo estimado por escenarios

Formula para calcular consumo para un año “x”:

$$t_{reactivo; x} = t_{Li_2CO_3; evaporítico} (x) * Factor\ método\ evaporítico + t_{Li_2CO_3; DLE} (x) * Factor\ método\ DLE$$

Escenarios de consumo de reactivos químicos
en miles de toneladas



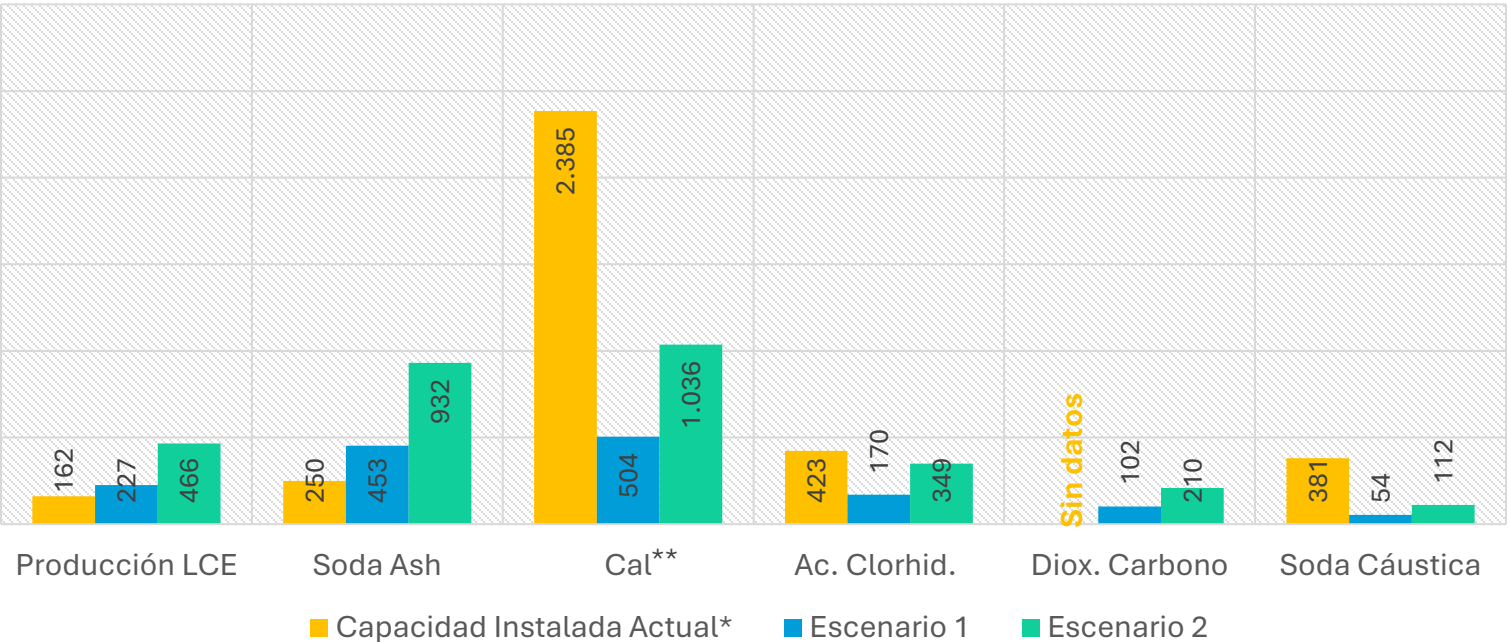
Fuente: CAEM con información de CIQyP y TAGING / Nota: no se contó con suficiente información de la demanda de Acido Sulfúrico (H₂SO₄) para incluirlo en los escenarios

PROYECCIÓN DE CONSUMO DE INSUMOS QUÍMICOS

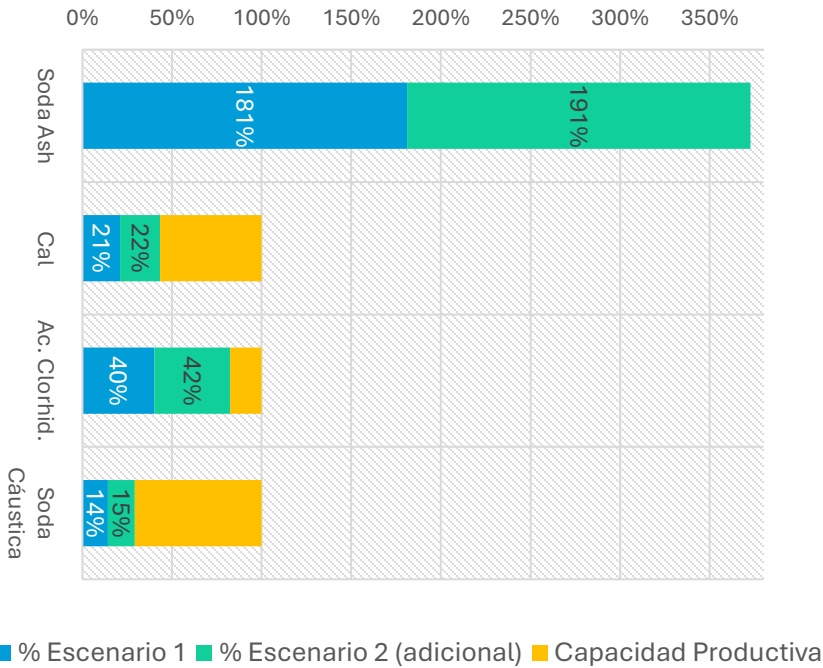
Impacto estimado por escenarios

El consumo adicional de insumos químicos que generarán los nuevos proyectos de litio tendrá impacto en la capacidad instalada. Respecto a la capacidad instalada actual, los mayores impactos se observan en Soda Ash y Ácido Clorhídrico, en tanto que en cal es moderado y relativamente menor para soda caustica.

Capacidad instalada* vs Escenarios de consumo
en miles de toneladas



Incrementos respecto a la capacidad instalada actual*



Principales conclusiones

Basándose en dos escenarios de producción, puede observarse el impacto en la demanda de diferentes insumos químicos que tendrá el desarrollo de la minería de litio. Si bien en el primer escenario dicho impacto se muestra moderado, el avance hacia el segundo escenario justificaría la radicación de mayor cantidad de plantas en las cercanías de las operaciones mineras:

- **Cal:** existe una importante capacidad instalada en San Juan, aunque de concretarse los proyectos previstos para el Escenario 2, la producción de litio demandaría el 43% de ésta.
- **Soda Ash:** la demanda superará ampliamente la capacidad productiva actual y en el escenario 2 representa 3,7 veces las posibilidades de producción actuales.
- **Soda Cáustica:** los escenarios de producción de litio implican un incremento de máxima del 29% de demanda, por lo que pareciera que podría ser cubierto mayormente con la capacidad instalada actual. No obstante, podría haber inversiones para producir mayor proporción en formato perlado.
- **Ácido Clorhídrico:** En el primer escenario el incremento de la demanda será del 40%, mientras que en el segundo alcanza al 80% de la capacidad instalada actual, por lo que requerirá nuevas inversiones. Debe prestarse especial atención al balance productivo con la soda cáustica.
- **Dióxido de Carbono:** no se cuentan con datos de la capacidad instalada. La demanda debería ser abastecida desde plantas de separación de CO₂ localizadas en el NOA y en otros distintos puntos de Argentina.

PROYECCIÓN DE CONSUMO DE INSUMOS QUÍMICOS

Principales conclusiones (continuación)

- La **calidad** de la producción local de insumos químicos es fundamental para alcanzar los estándares de pureza que demanda la minería de litio, al igual que su **competitividad**, en tanto representan su principal costo de producción.
- El **desafío logístico** para mover grandes volúmenes y su impacto en los costos será determinante para definir inversiones productivas en las provincias donde se radican los proyectos mineros. En la actualidad los insumos se producen mayormente fuera de estas provincias y se transporta en camiones hasta ciudades, donde se almacena y desde donde se encara el último tramo hacia los centros de producción.
- Este esquema logístico podría continuarse en el Escenario 1, aunque parecería modificarse en la medida que se avance hacia el siguiente escenario.
- Para la realización de **inversiones en el NOA**, debe considerarse la importancia de contar con sitios de producción con **acceso competitivo a insumos críticos**, tales como energía eléctrica, gas natural y agua.



MUCHAS GRACIAS



Cámara Argentina de Empresas Mineras



CIQyP

Cámara de la Industria
Química y Petroquímica

