

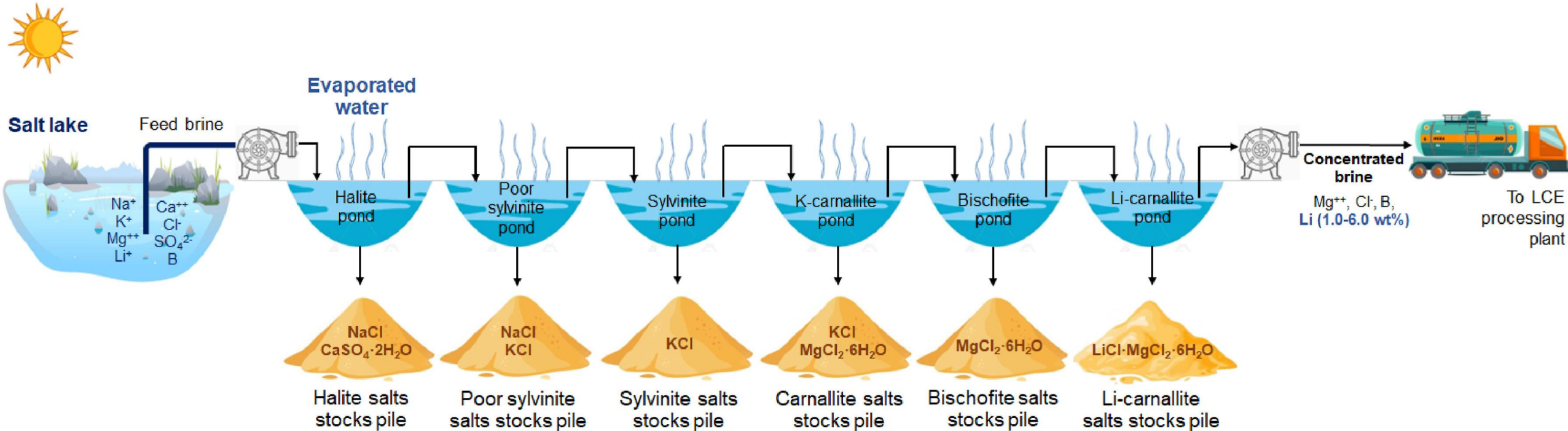
# Tecnologías de extracción directa de litio



**EMILIO E. BUNEL**

**Taller de Vigilancia Tecnológica- CEPAL  
28 de marzo, 2025**

# Procesos de evaporación solar

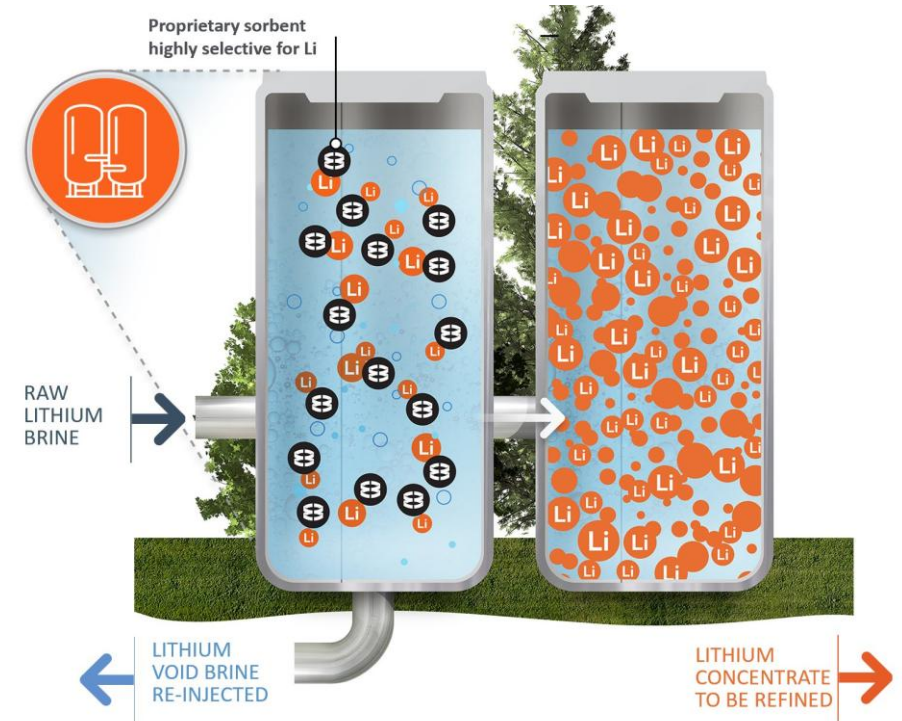


- Se convierte menos del 50% de todo el litio extraído en  $\text{Li}_2\text{CO}_3$ .
- Se pierde por evaporación el 85% - 95% del agua extraída (50MM  $\text{m}^3/\text{año}$ ).
- Como referencia, el consumo humano de la ciudad de Antofagasta es de aproximadamente 8.5 MM  $\text{m}^3/\text{año}$ .

*Fuentealba et al. Resources Policy 83 (2023) 103572*

# Extracción Directa de Litio (DLE)

- Las principales ventajas son:
  - Producción de litio más rápida.
  - Huella ambiental mucho menor.
  - La salmuera se devuelve al acuífero después de extraer el litio.
  - Potencial para hacer que los proyectos de litio de baja ley sean económicamente viables.
  - La recuperación de litio suele ser > 90% y los rendimientos globales >80%.
- Las principales desventajas incluyen:
  - Todavía no se ha probado a gran escala y durante un largo período de tiempo.
  - Complejidad técnica: varias opciones en el tipo de DLE.
  - El CapEx inicial puede ser mayor.
  - Cualquier reinyección de salmuera gastada no debe introducir materiales extraños en el acuífero.

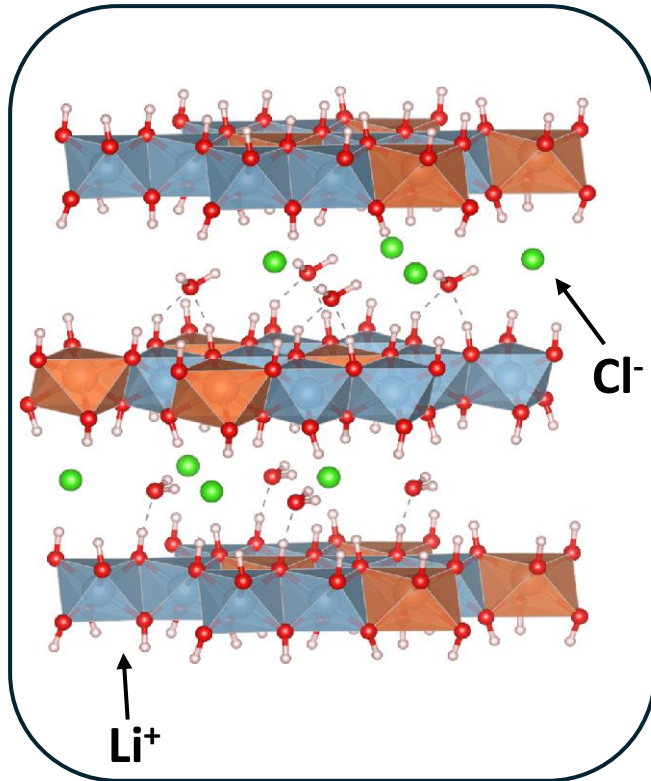


***FMC, Livent, Arcadium y ahora Rio Tinto han practicado una tecnología combinada de DLE / evaporación en Salar Hombre Muerto Argentina durante más de 25 años.***

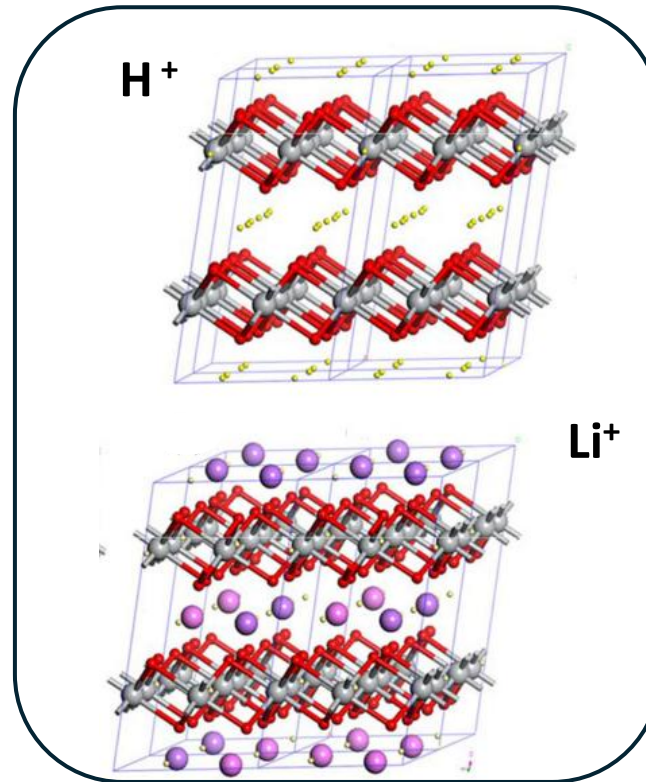
***DLE no es nuevo, pero recientemente ha sido reinventado y actualizado creativamente por varias empresas diferentes en todo el mundo.***

# Tecnologías DLE líderes

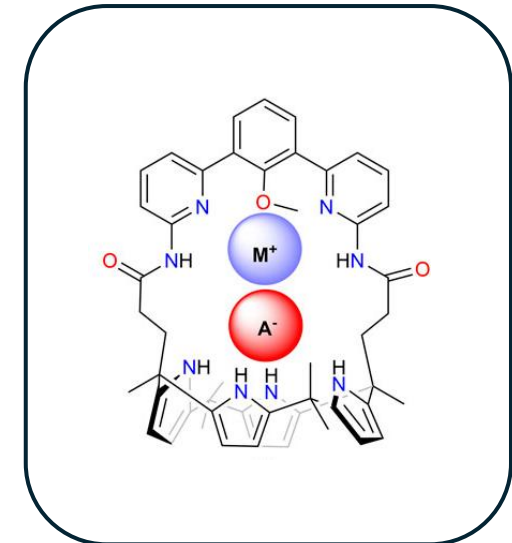
## Adsorción



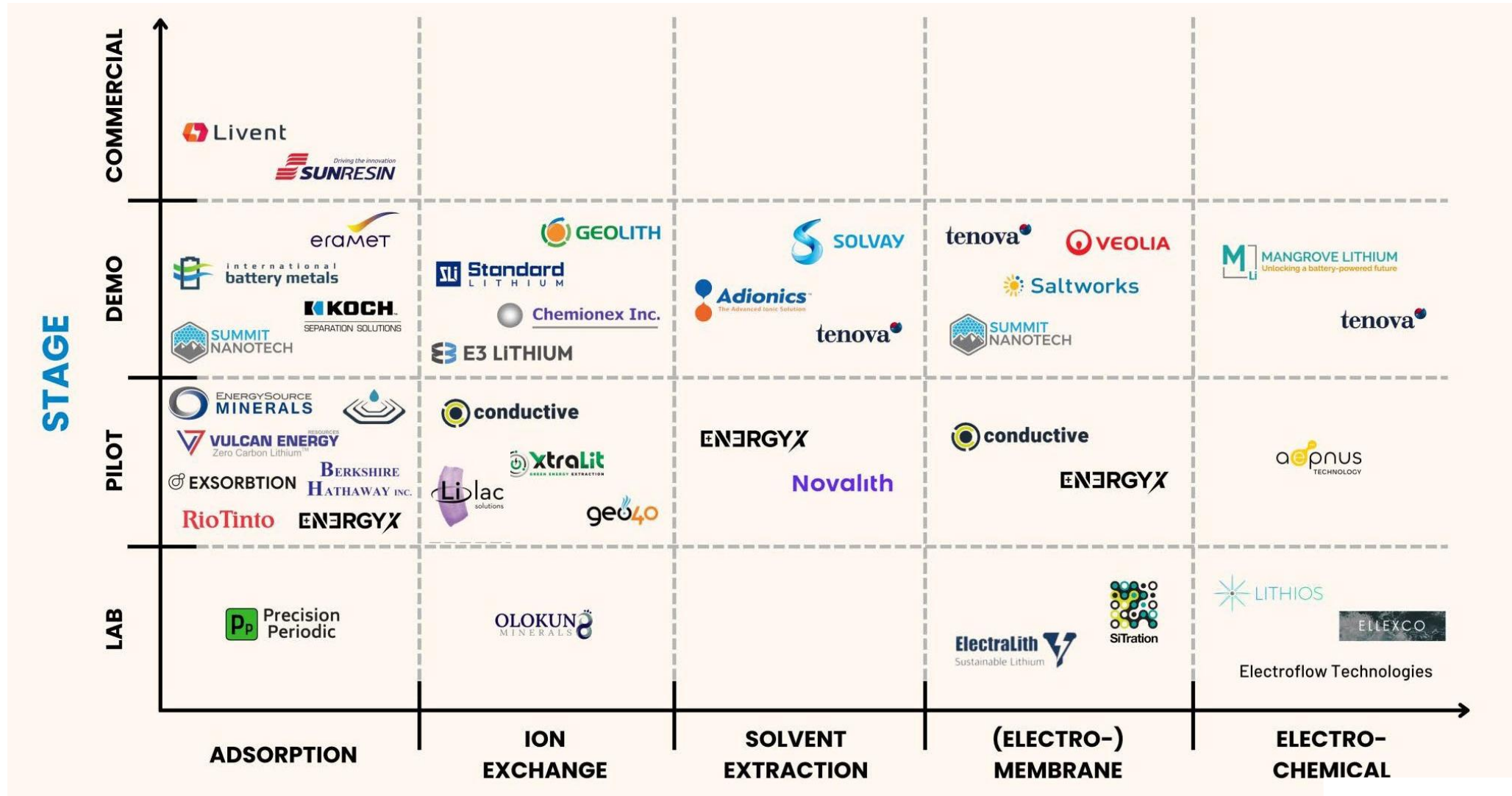
## Intercambio Iónico



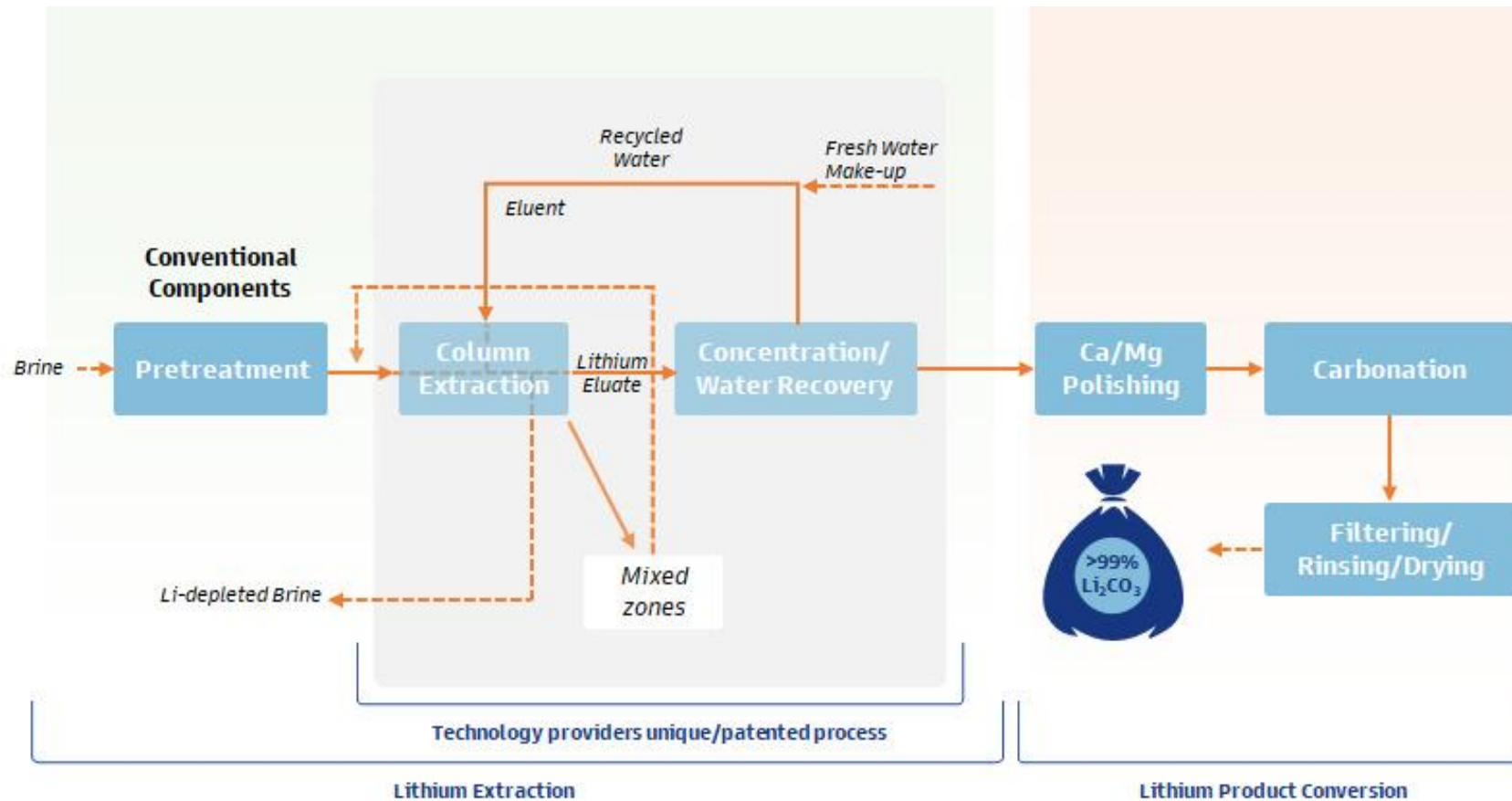
## Reconocimiento molecular



# DLE en diferentes niveles de desarrollo tecnológico



# Flowsheet genericos para DLE



# Tecnologías DLE para Salares Altoandinos

- Enami envió muestras de salmuera de litio extraídas del Salar altoandino, a laboratorios de empresas de Australia, Canadá, China, Estados Unidos, Francia e Inglaterra.
- Fueron seleccionadas las francesas Adionics y Eramet, las chinas CADL-Lanshen, las americanas LILAC Solutions y SLB, la australiana Rio Tinto, la canadiense Summit Nanotech y la británica WaterCycle Technologies.

RioTinto

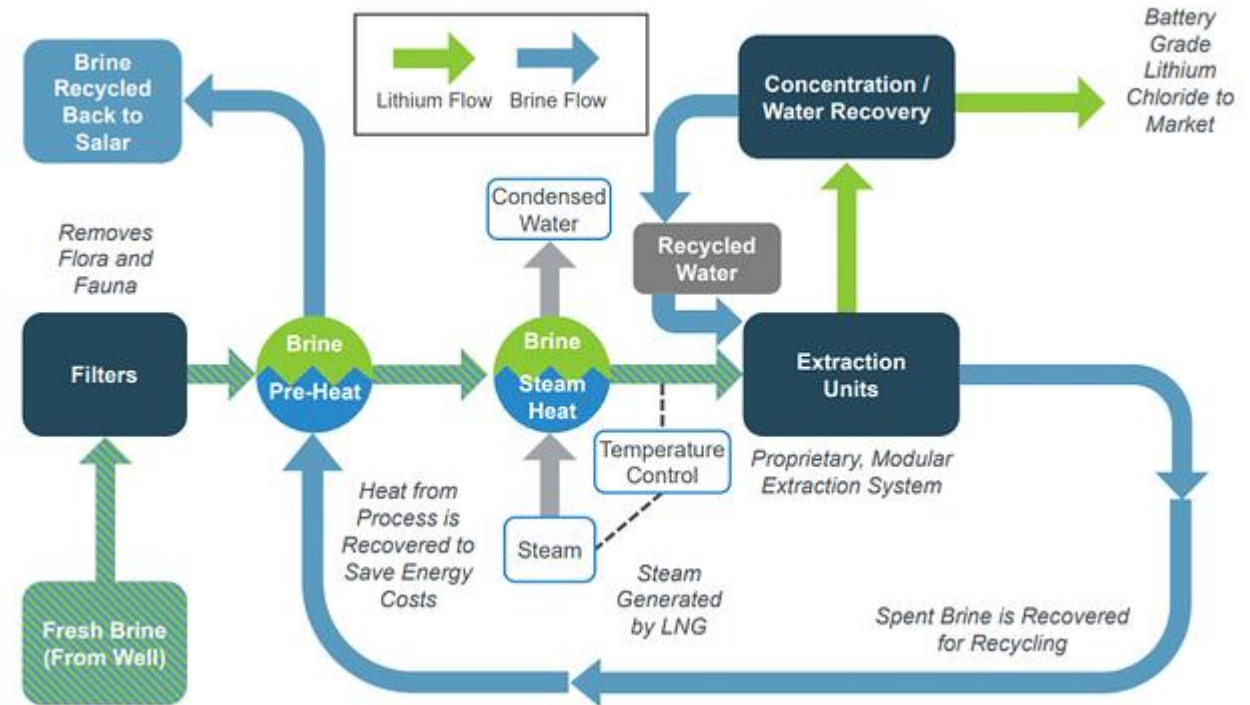


eramET



# Salar Hombre Muerto

- FMC comenzó a desarrollar nuevos recursos de litio en Salar Hombre Muerto en Argentina en 1994.
- Proceso de producción utilizando adsorbente de litio que separa el cloruro de litio de los principales constituyentes de la salmuera: sodio, potasio y calcio.
- Requiere calentar la salmuera para preparar la salmuera para la extracción de litio con el adsorbente.
- Hay evaporación solar para concentrar el cloruro de litio.
- Se purifica el litio para eliminar boratos y sulfatos antes de la reacción con carbonato de sodio para precipitar carbonato de litio.



# Salar Hombre Muerto

- FMC comenzó a desarrollar nuevos recursos de litio en Salar Hombre Muerto en Argentina en 1994.
- Proceso de producción utilizando adsorbente de litio que separa el cloruro de litio de los principales constituyentes de la salmuera: sodio, potasio y calcio.
- Requiere calentar la salmuera para preparar la salmuera para la extracción de litio con el adsorbente.
- Hay evaporación solar para concentrar el cloruro de litio.
- Se purifica el litio para eliminar boratos y sulfatos antes de la reacción con carbonato de sodio para precipitar carbonato de litio.



**FMC**



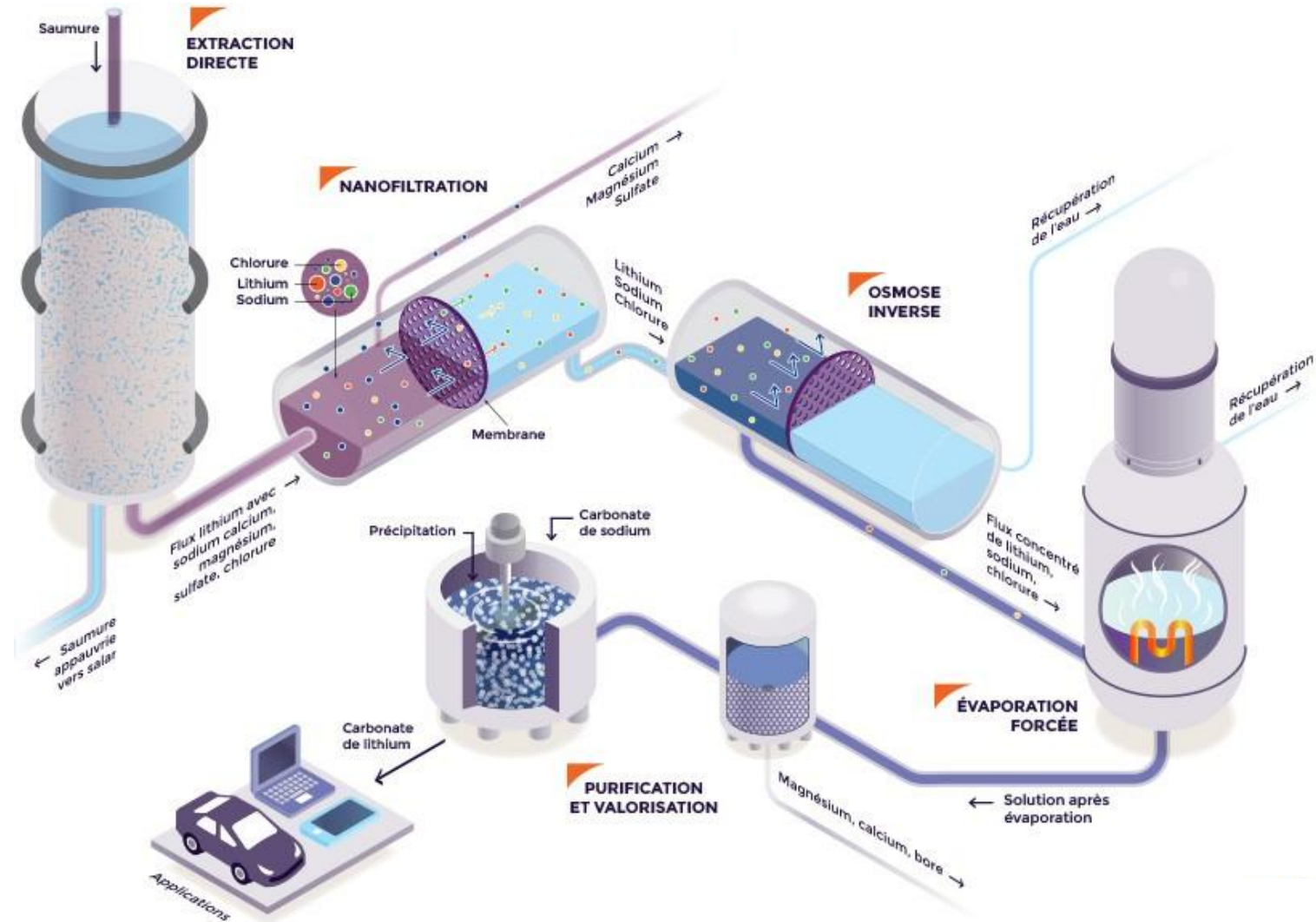
**Livent**



**RioTinto**

# Centenario-Ratones in Argentina

- Se espera que el proyecto produzca 24.000 toneladas de carbonato de litio equivalente por año con un total de 10 millones de toneladas de reservas de LCE.



# Proyectos de Sunresin

|                        |
|------------------------|
| Zangge Lithium         |
| Qinghai Jintai Lithium |
| Minmetals              |
| Minmetals              |
| Qinghai Jintai Lithium |



Zangge, 10000 tpa LCE  
[Li] 0.05 – 0.07 g/L

|                                 |
|---------------------------------|
| En operación desde 2018         |
| En operación desde 2018         |
| En operación desde 2019         |
| En operación desde April 2022   |
| En operación desde Octubre 2022 |

|  |
|--|
| Qinghai Salt lake BYD Resources (J...) |
| Evebattery                             |
| Qinghai Chaidamu Xinghua Lithiur       |
| Tibet summit (Argentina)               |



Jintai lithium, 3000 tpa LCE  
[Li] 0.2 – 0.3 g/L

|                        |
|------------------------|
| Planta piloto operando |
| Planta piloto operando |
| En instalación         |
| En instalación         |

- Sunresin proveerá los equip... primera fase del proyecto " de 50.000 tpa de carbonatc
- Hay proyectos en Chile, per
- Según Sunresin, se conside



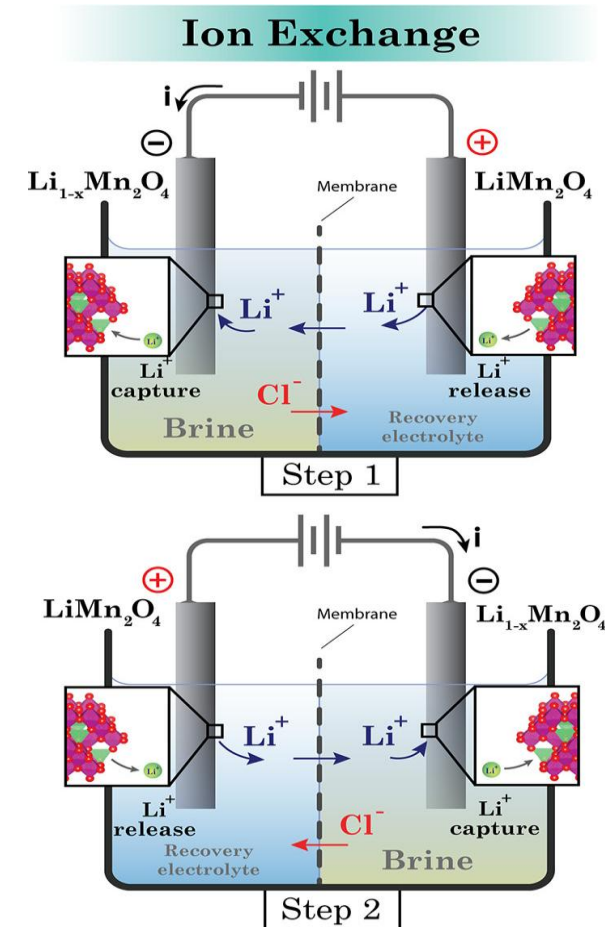
Minmetals, 2000 tpa LCE  
[Li] 0.2 – 0.3 g/L

cercana a los US\$ 103 millones para la na con una producción anual planificada  
el mundo.

# Procesos electroquímicos

(CATL, Brunp en Bolivia)

- Método electroquímico para la extracción directa de litio de salmueras naturales, fluidos geotérmicos, agua de mar y líquidos de reciclaje de baterías mediante celdas de entropía de bombeo de iones.
- La extracción de litio aprovecha la intercalación selectiva en los materiales del cátodo de la batería de litio, como  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$ ,  $\text{LiNi}_{0.5}\text{Mn}_{1.5}\text{O}_4$ , or  $\text{LiFePO}_4$  y la diferencia de concentración entre el electrolito de la fuente de litio y la solución de recuperación.
- Estos métodos electroquímicos son ambientalmente benignos, altamente específicos y eficientes y consumen una baja cantidad de energía. Combinan la alta especificidad de inserción de litio (en comparación con los iones  $\text{Na}^+$  y  $\text{Mg}^{+2}$ ) con el uso de electrones como reactivo, por lo que no producen material de desecho ni consumen agua.

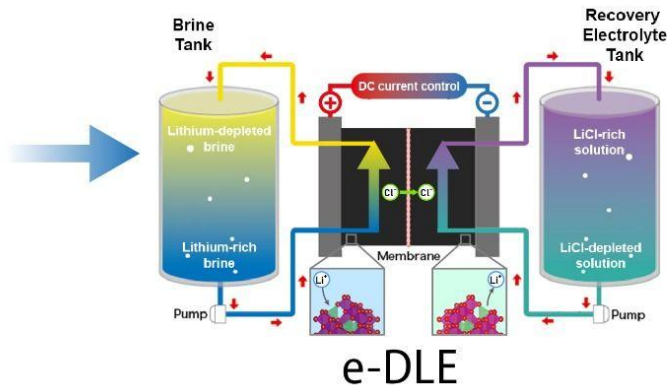


# Ernesto Calvo y e-DLE

- Desarrollamos Procesos Sostenibles de Extracción y Recuperación Electroquímica Avanzada de Litio mediante Procesos de Extracción Directa de Litio (e-DLE) que son modulares y adaptables a las tecnologías existentes en diferentes escalas.
- Los enfoques electroquímicos e-DLE se basan en la tecnología de baterías de iones de litio y son superiores a los métodos de evaporación actuales y a cualquiera de las otras tecnologías DLE.



Renewable Energy



Lithium Chloride,  
Hydroxide, Carbonate

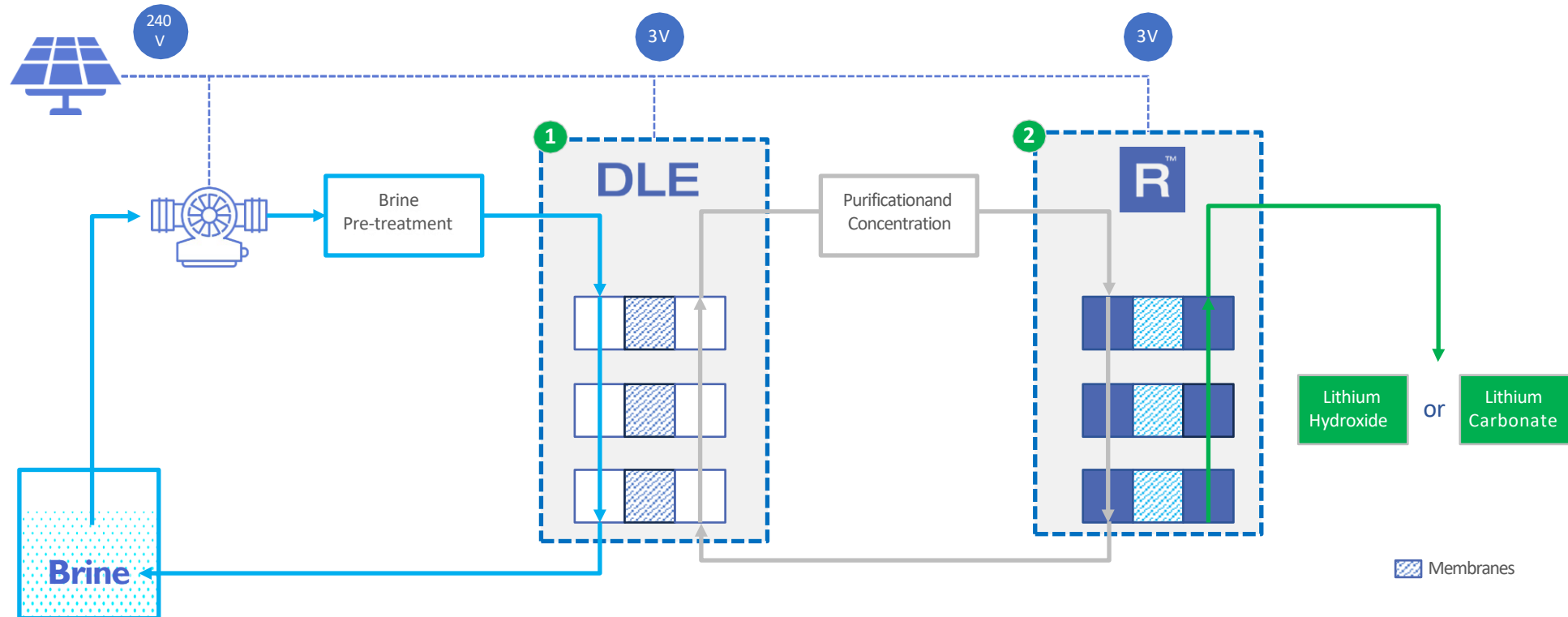


Giga Factory



Electromobility

# ElectraLith en Australia



- **Etapa DLE:** Las membranas patentadas extraen litio mediante electrodiálisis para producir cloruro de litio. La etapa DLE se distingue de otros procesos DLE por la eliminación de agua y productos químicos; Se distingue además por su capacidad para extraer litio de cualquier fuente, incluidas salmueras contaminadas de concentración extremadamente baja.
- **Etapa R:** Principios similares de electrodiálisis convierten el cloruro de litio en hidróxido de litio utilizando tecnología lista para usar en una configuración patentada. Si es necesario, el hidróxido de litio resultante se puede convertir en carbonato de litio.

A wide-angle landscape photograph capturing a serene scene at sunset. The sky is a gradient of soft pinks and purples. In the background, a range of dark, rugged mountains stretches across the horizon. The middle ground features a vast, flat wetland area with a shallow, reflective pool of water. Three pink flamingos are visible in the water, their forms mirrored in the calm surface. The foreground is dominated by a rough, textured ground of grey and brown rocks or mud. The overall mood is peaceful and natural.

**Preguntas?**