



PONTIFICIA  
UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
DE CHILE

Como podemos aumentar la sustentabilidad en los procesos extractivos de litio?

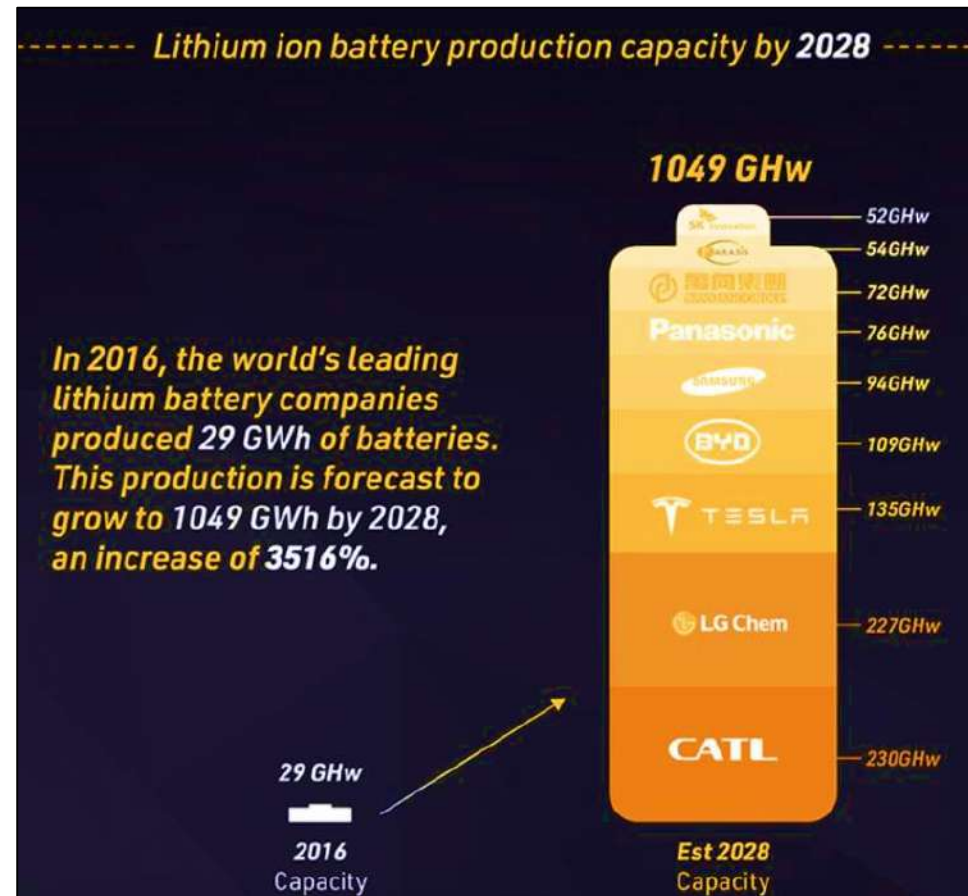


**Emilio E. Bunel**

**Tecnologías Emergentes de Extracción y Procesamiento de litio**

**10 de Octubre, 2019**

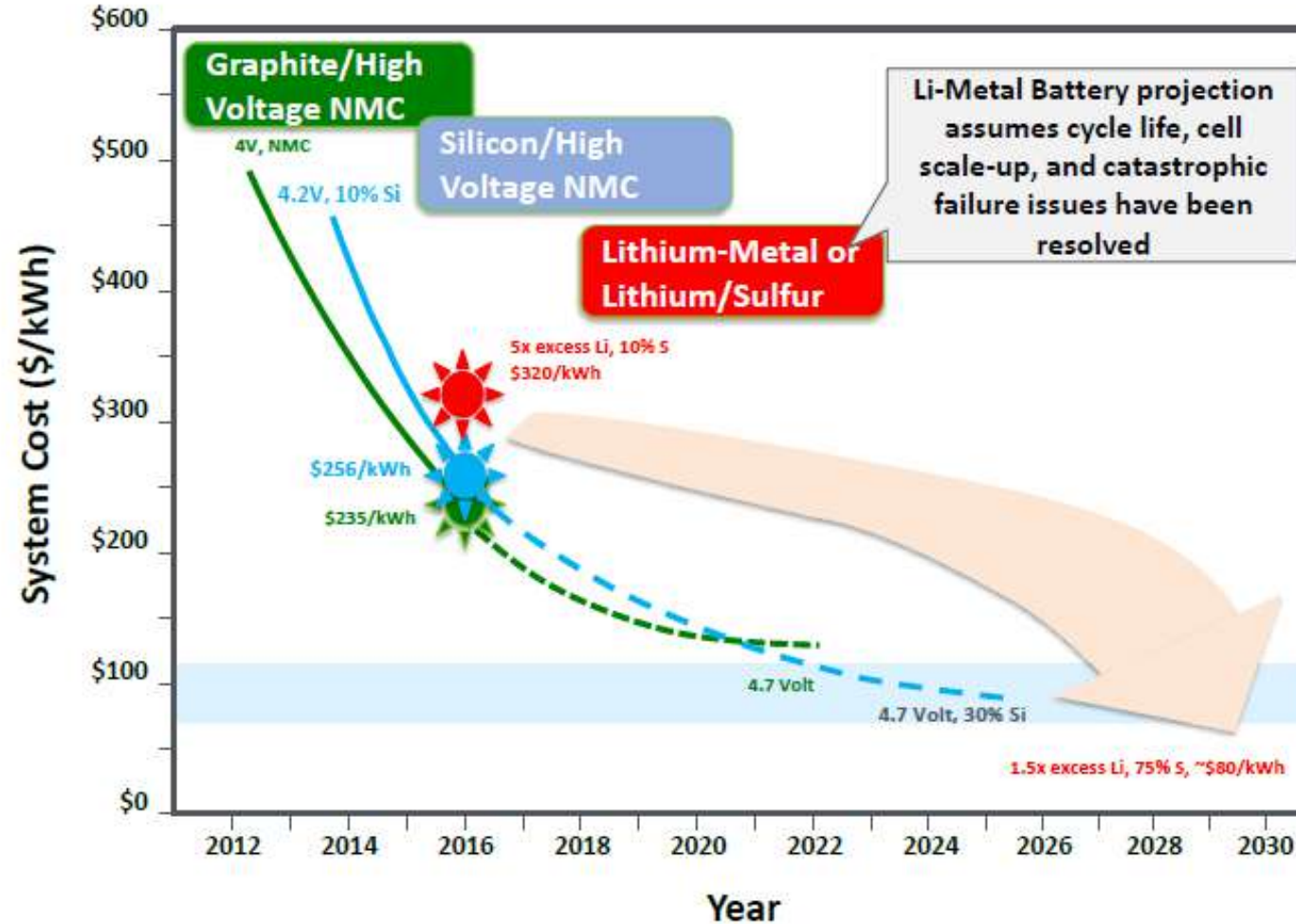
# Creciente demanda de litio



- Las baterías van a seguir evolucionando en las próximas décadas pero lo que no va a cambiar es la necesidad de litio por los próximos 20 a 30 años.

# Costo de las baterías de litio

*Baterías son aproximadamente 1/3 del costo total de un auto*



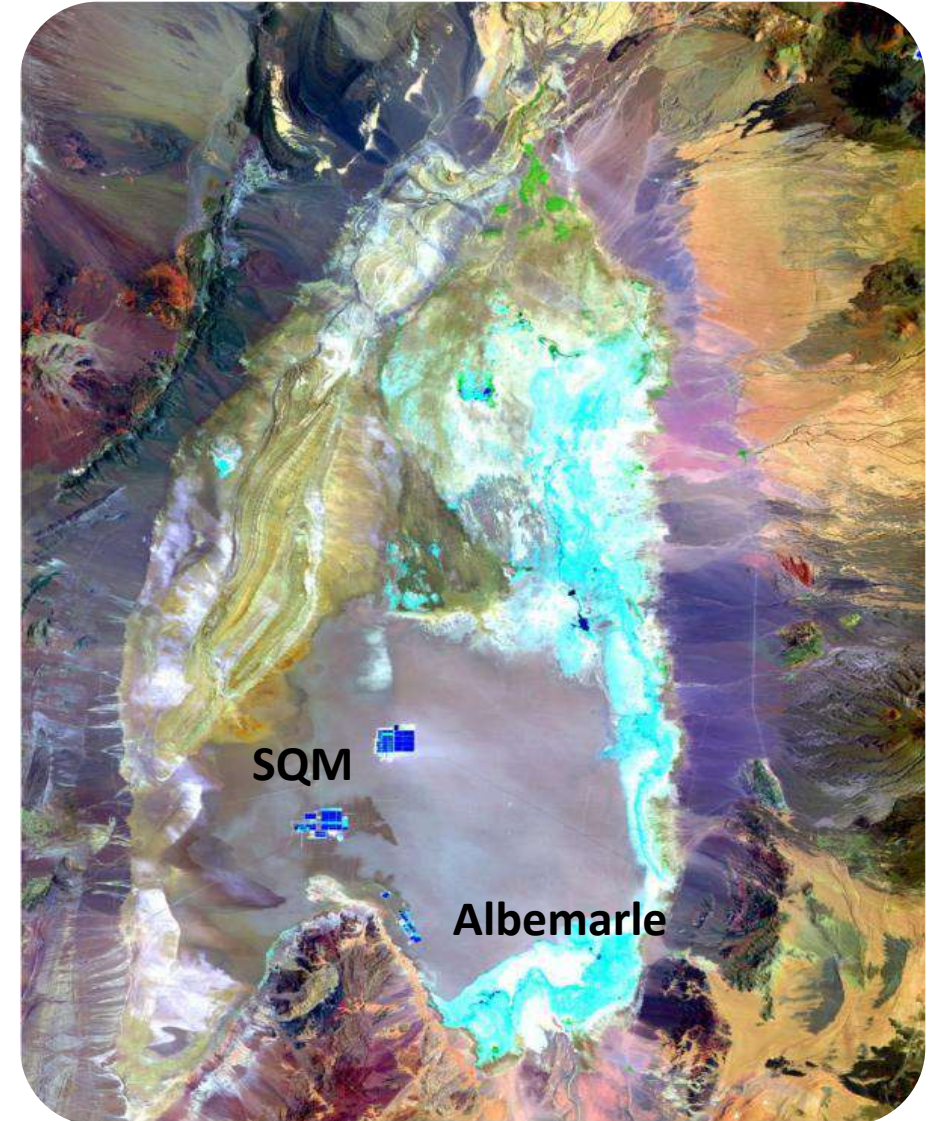
# Historia de las baterías de litio

- **1970's** – Las baterías de litio fueron propuestas originalmente por Stan Whittingham mientras trabajaba para Exxon en los años 70's. El utilizo sulfuro de titanio y litio metálico como los electrodos.
- **1979** – Trabajando en grupos independientes en las universidades de Stanford y Oxford, Godshall and Goodenough demostraron el concepto de una batería de litio recargable con un voltaje aproximado a 4V utilizando  $\text{LiCoO}_2$  como el cátodo.
- **1980** – Rachid Yazami demostró que grafito podría ser utilizado con el ánodo de la batería intercalando litio.
- **1985** – Akira Yoshino juntó todo lo que había sido descrito y construyó la primera batería incluyendo grafito y  $\text{LiCoO}_2$ . Evitando el uso de litio metálico la seguridad aumentó permitiendo la producción a larga escala y representa el nacimiento de las baterías tal como las conocemos hoy día.



# Recursos de litio

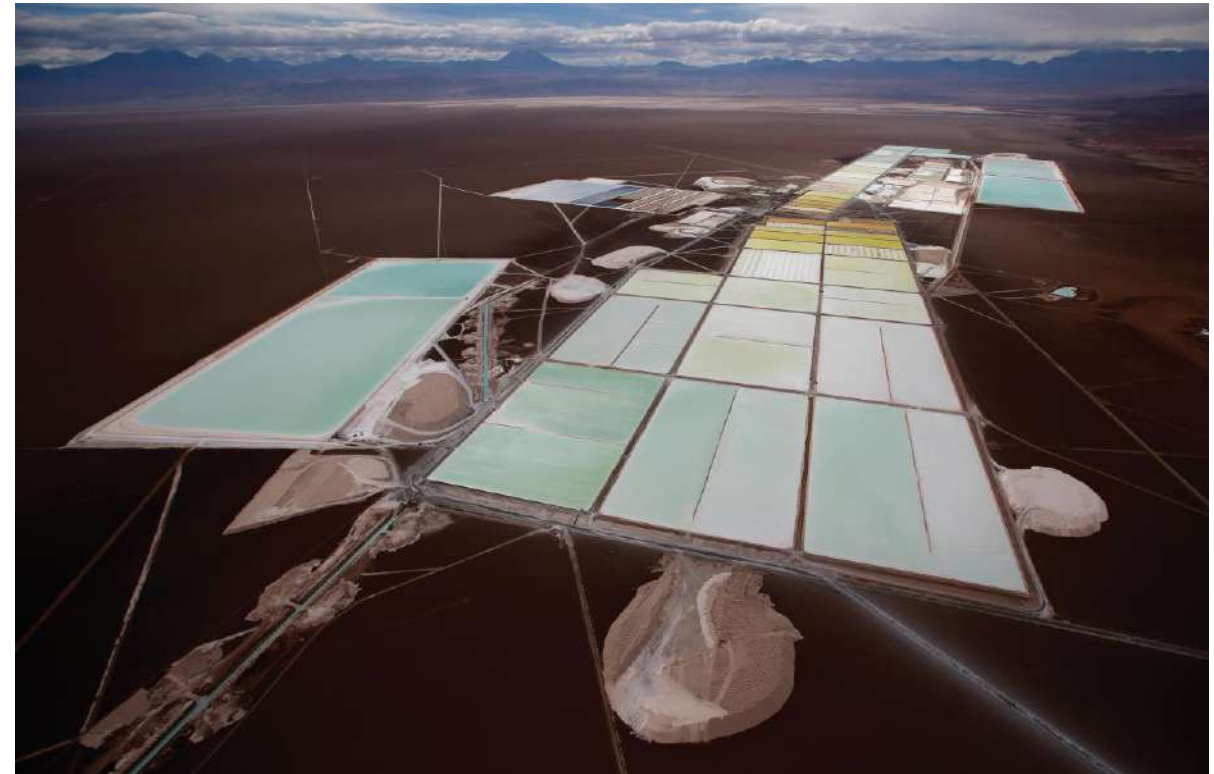
- **Litio es un recurso abundante que se encuentra en:**
  - **Salares continentales: Atacama en Chile, Hombre Muerto en Argentina y Uyuni en Bolivia.**
  - **Lagos salinos: Zhabuye y Qinghai en China.**
  - **Minerales en aproximadamente en 145 especies mineralógicas sin embargo pocas constituyen fuentes comerciales de litio (espodumeno, petalita y lepidolita)**
- **Otros recursos:**
  - **Salmueras “petroleras” (Smackover, Texas, USA, 60-500 ppm)**
  - **Salmueras geotérmicas (Imperial Valley, California, USA, 50-400 ppm)**
  - **Arcilla sedimentarias (hectoritas en USA y jaderitas en Serbia)**
  - **Agua de mar (0.17 ppm)**



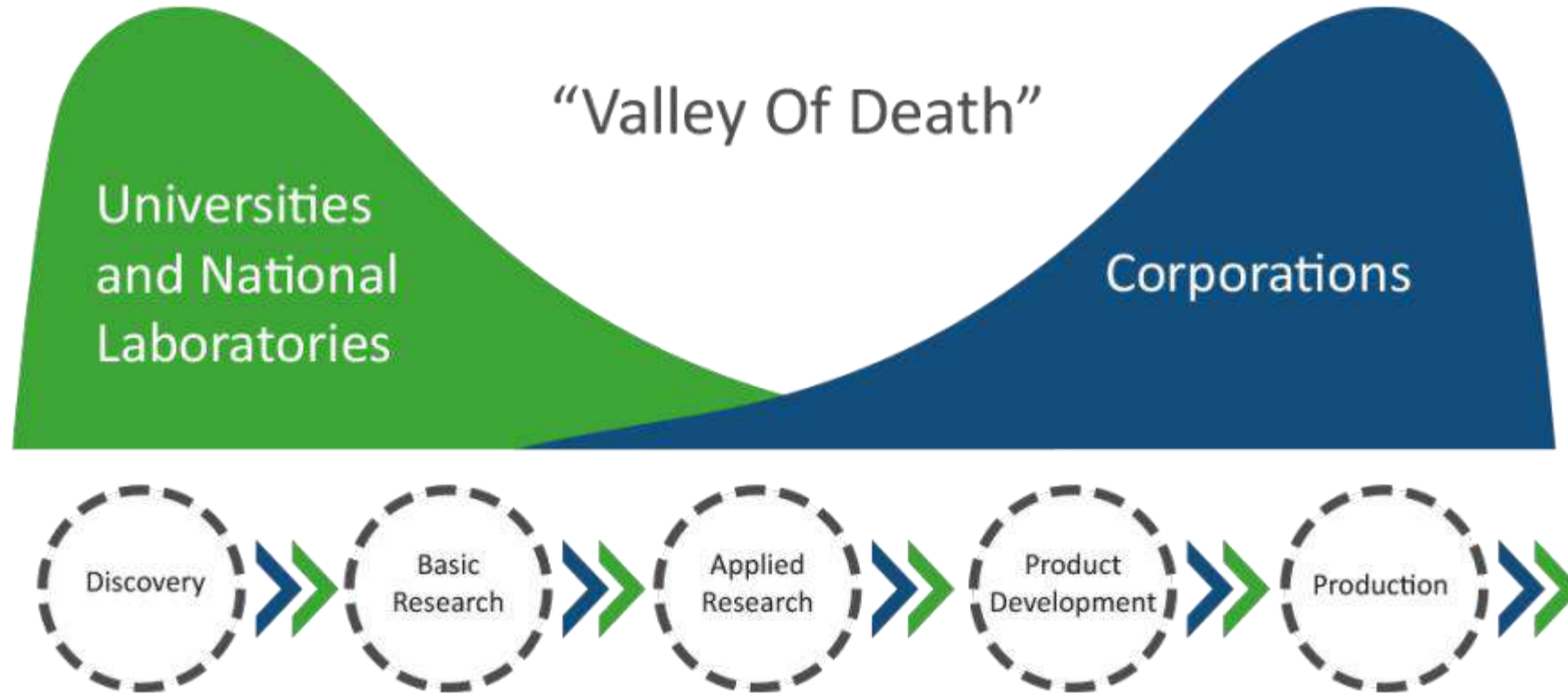
3000 km<sup>2</sup>

# Evaporación de salares

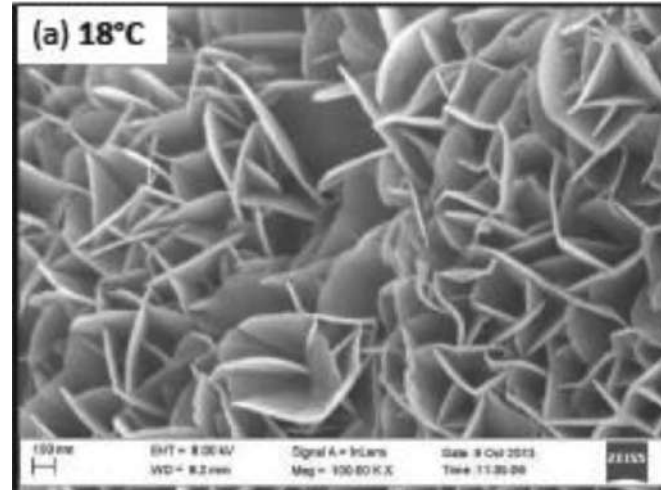
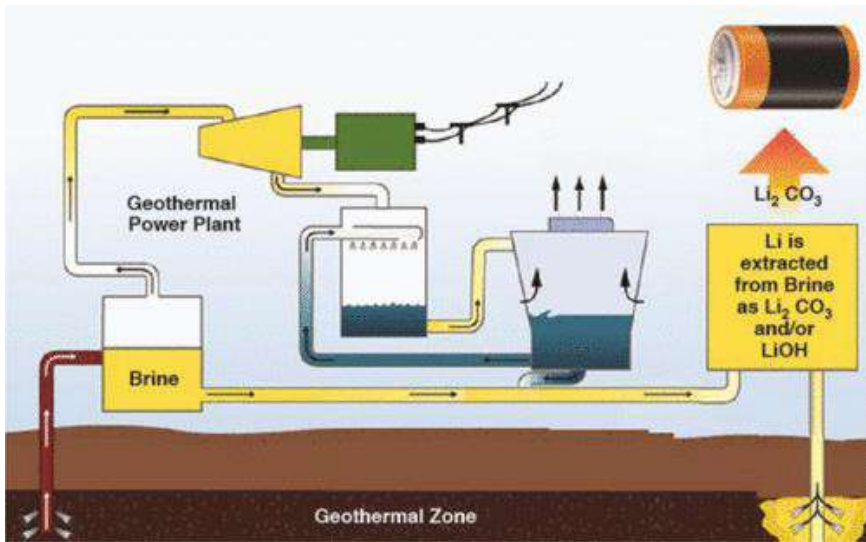
- La superficie de evaporación en los salares chilenos es equivalente a la superficie de 3000 estadios de fútbol.
- La velocidad de evaporación varía entre 1.5 y 6 litros por m<sup>2</sup> y por día.
- Por cada tonelada de Li<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> se evaporan por lo menos 1.5 millones de litros de agua.
- Los rendimientos globales en el proceso evaporativo hasta producir salmuera al 6% son bajos.
- Los rendimientos en la parte química del proceso son altos.
- Opciones:
  - Ultra/nano filtrado
  - Intercambio iónico
  - Adsorción selectiva
  - Extracción por solventes
  - Procesos electroquímicos
  - Evaporación térmica/solar
  - Separación mediante membranas



# El vacío en I+D+i



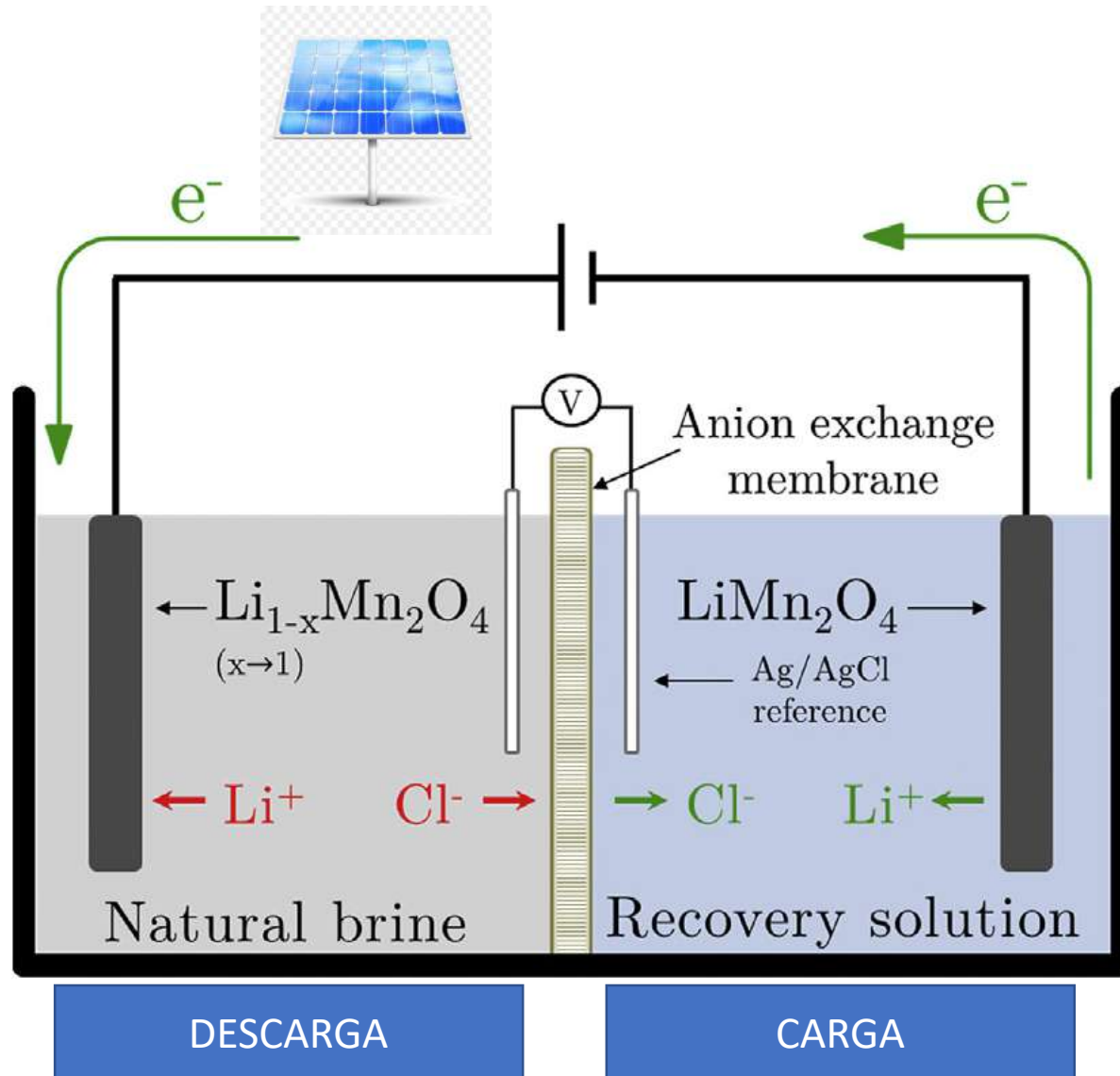
# Extracción de litio de salmueras geotérmicas



- Eficiencia alrededor del  $\sim 91\%$ , excelente selectividad hacia litio comparado con sodio (47.8) y con potasio (212).
- Lithium aluminum layered double hydroxide chloride es un absorbente efectivo y fácil de preparar.
- La mayor desventaja es la temperatura de operación  $80\text{-}90^\circ\text{C}$ .
- Chile tiene salmueras geotérmicas (Cerro Pabellon) con concentraciones de litio de aproximadamente 200ppm.



# Métodos electroquímicos



Un proyecto encabezado por el argentino Ernesto Calvo, profesor de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA obtuvo el primer puesto del concurso internacional *Bright Minds Challenge* que se llevó a cabo en la ciudad de Amsterdam. El novedoso método consiste en extraer litio de salares de manera eficiente, limpia y sostenible usando energía eléctrica renovable.

# Saving the Planet With Electric Cars Means Strangling This Desert

*From Bloomberg News June 11, 2019*

*Dry and cracked ground marks an area where water is being pumped by mining companies in the southern tip of the Atacama salt flat.*

*Mining lithium and copper to supply the battery boom and fight climate change is wrecking a fragile ecosystem in Chile.*

