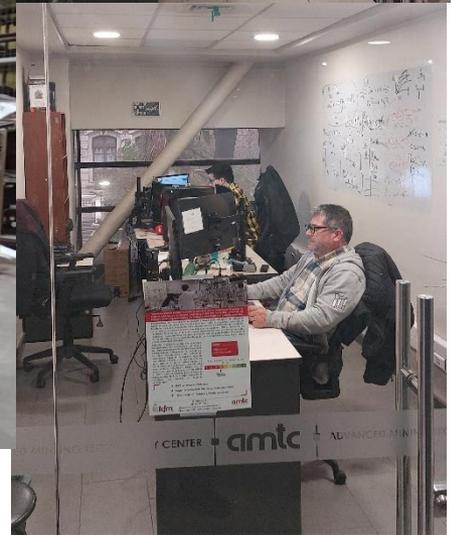
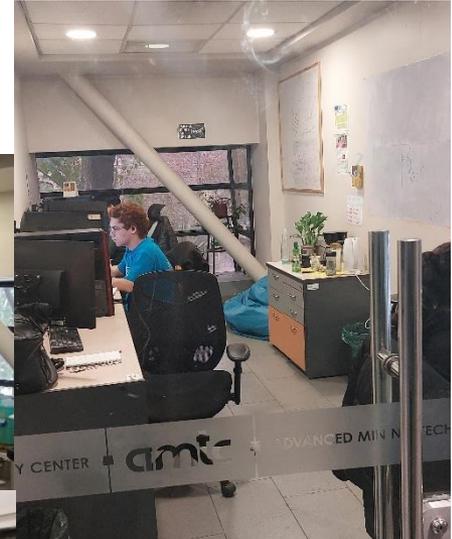


Tendencias Tecnológicas en la Extracción de Litio: Avances y Desafíos

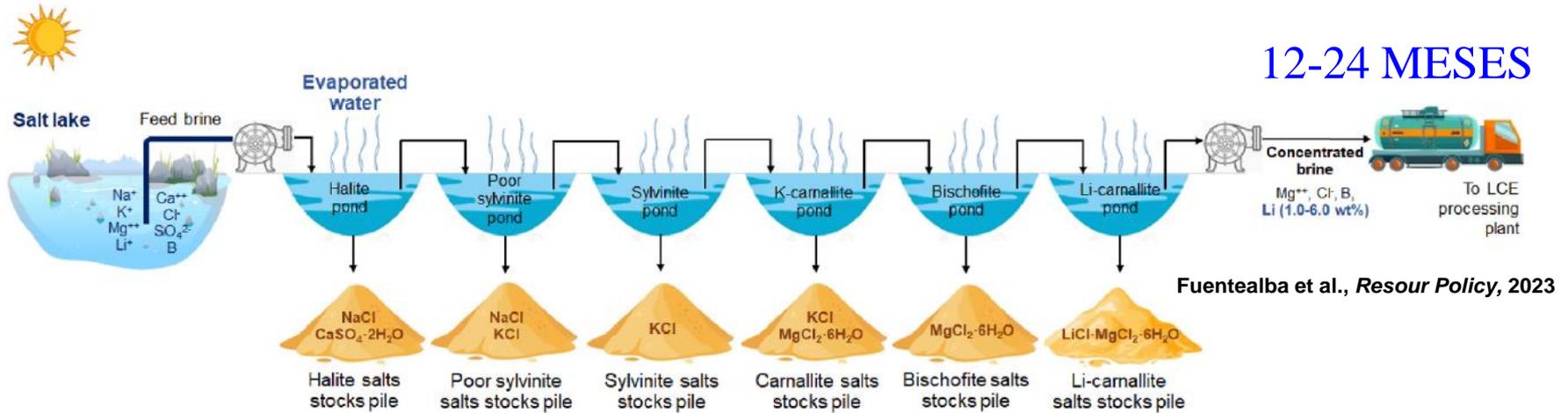
Dr. Humberto Estay Cuenca, Subdirector, Investigador Titular
Advanced Mining Technology Center (AMTC), Universidad de Chile
humberto.estay@amtc.cl



Equipo de Desarrollo Procesos AMTC



Extracción de Li desde salmueras



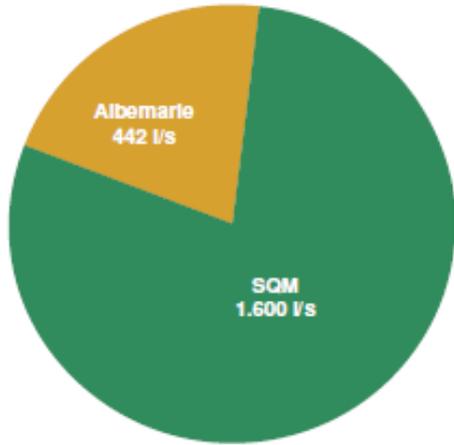
Se requiere evaporar 85-95% del agua contenida en salmuera para lograr concentración de Li objetivo



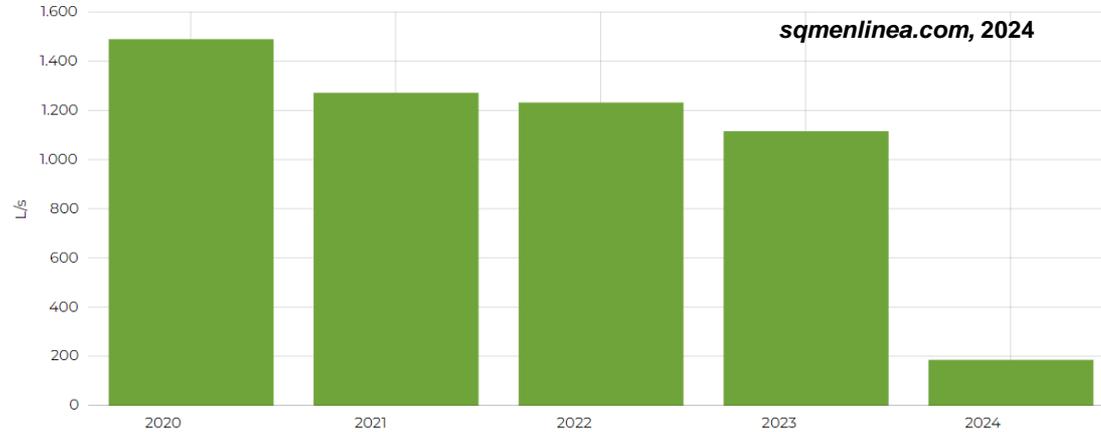
1990

2023

Extracción de Li desde salmueras



Roadmap Li, 2022

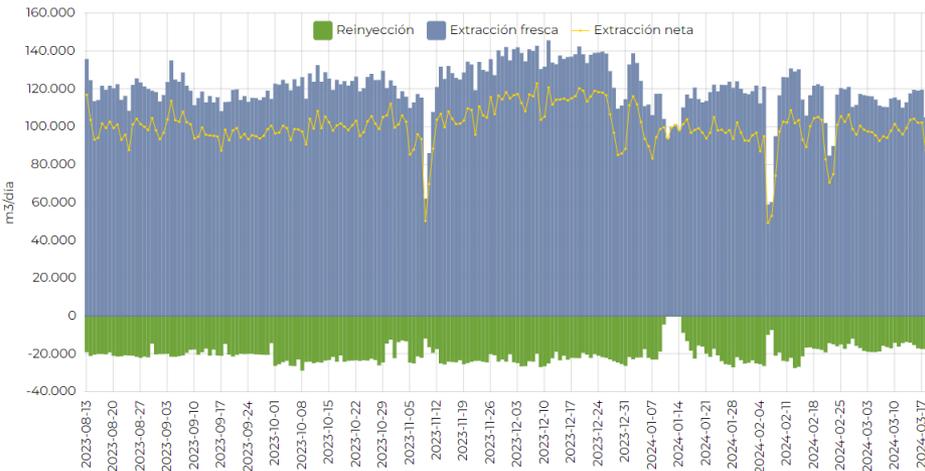


sqmenlinea.com, 2024

SQM ~ 100,000 m³/d
 Albemarle ~ 25,000 m³/d
 Total ~ 125,000 m³/d

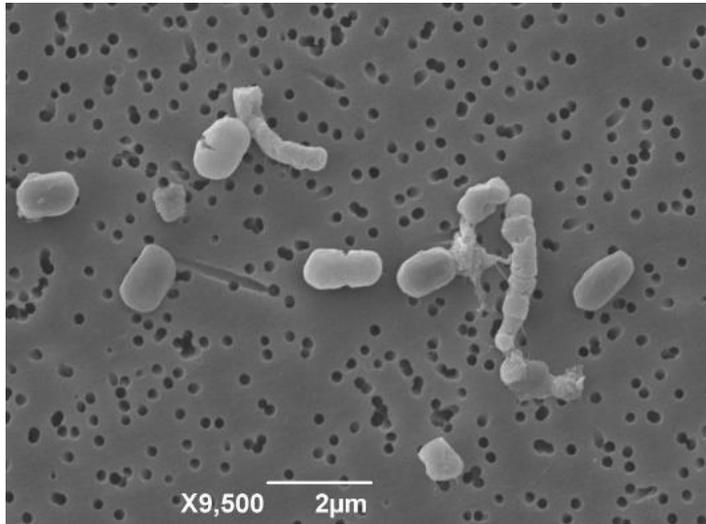
Agua en salmuera ~ 75%
 Evaporación ~ 90%
 Producción de LCE ~ 250,000 t/año

Agua pérdida ~ 84,375 m³/d (125 m³/tLCE)
 Sales descarte > 22,000 t/d (NaCl) (32 t/tLCE)



sqmenlinea.com, 2024

Biodiversidad y comunidades ancestrales





Objetivos:

1. Producción con desarrollo sostenible
2. Sostenibilidad social y ambiental
3. Desarrollo tecnológico y cadena de valor productiva
4. Participación del Estado en ingresos desde la extracción de Li
5. Diversificación de productores
6. Diversificación productiva

Definiciones:

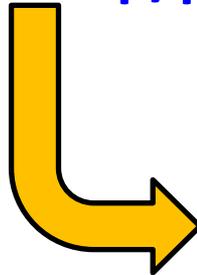
1. Creación de la Empresa Nacional del Li
2. Creación del Instituto Público (I+D) del Li
3. Asociación público-privada
4. Definición de salares protegidos (30%)
5. Nuevas tecnologías de extracción

Características de salmueras de Li

Características típicas de salmueras de Li

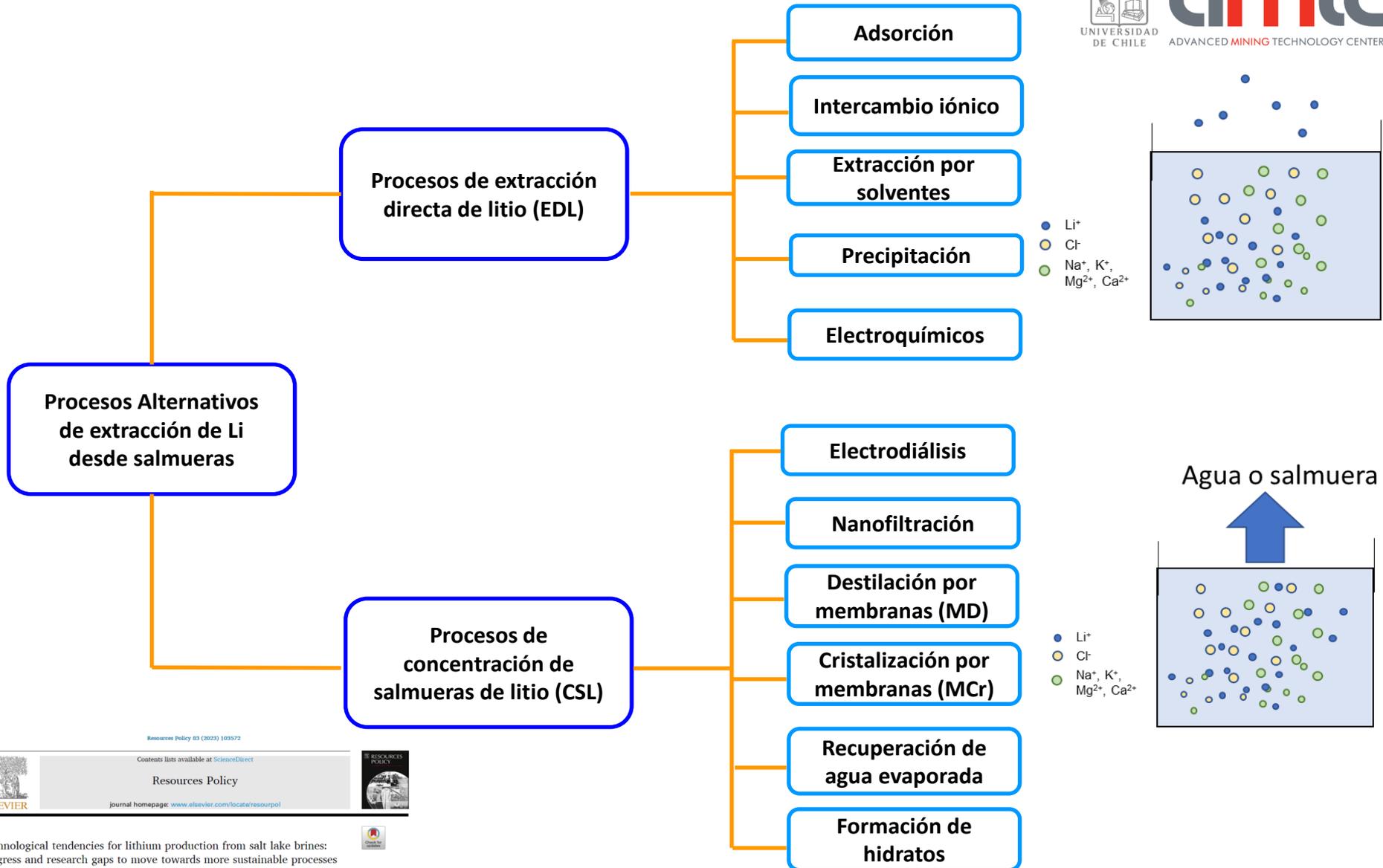
Recurso de Agua	Country	Li (wt%)	Mg (wt%)	Na (wt%)	K (wt%)	B (wt%)	Ca (wt%)	Cl (wt%)	SO4 (wt%)	Mg:Li
Salar de Atacama	Chile	0.157	0.965	9.10	2.36	0.04	0.045	18.95	1.59	6.14
Hombre Muerto	Argentina	0.068 – 0.121	0.018 – 0.140	9.90 – 10.30	0.24 – 0.97	N.A	0.019 – 0.090	15.80 – 16.80	0.53 – 1.14	0.26 – 1.15
Salar de Olaroz	Argentina	0.033	0.323	9.46	0.66	0.04	0.059	14.06	1.01	9.79
Salar de Uyuni	Bolivia	0.032	0.650	7.06	1.17	0.07	0.031	5.00	N.A	20.31
Chaerhan Lake	China	0.001 – 0.120	0.70 - 11	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	87 – 1837
Clayton Valley	USA	0.016	0.019	4.69	0.40	0.005	0.045	7.26	0.34	1.16
Salton Sea	USA	0.010 – 0.040	0.070 – 0.570	5.00 – 7.00	1.30 – 2.40	0.04	2.260 – 3.900	14.20 – 20.90	42 - 50	7.00 – 14.25
Searles Lake	USA	0.005	N.A	11.08	2.53	N.A	0.002	12.30	4.61	N.A
Typical seawater		1.8 E ⁻⁵	0.130	1.05	0.04	4 E ⁻⁴	0.040	1.90	0.26	7.2 E ³

Concentración de agua ~ 75 p/p%



Salmuera es casi saturada en sales

Procesos Alternativos



Resources Policy 83 (2023) 103572

Contents lists available at ScienceDirect

Resources Policy

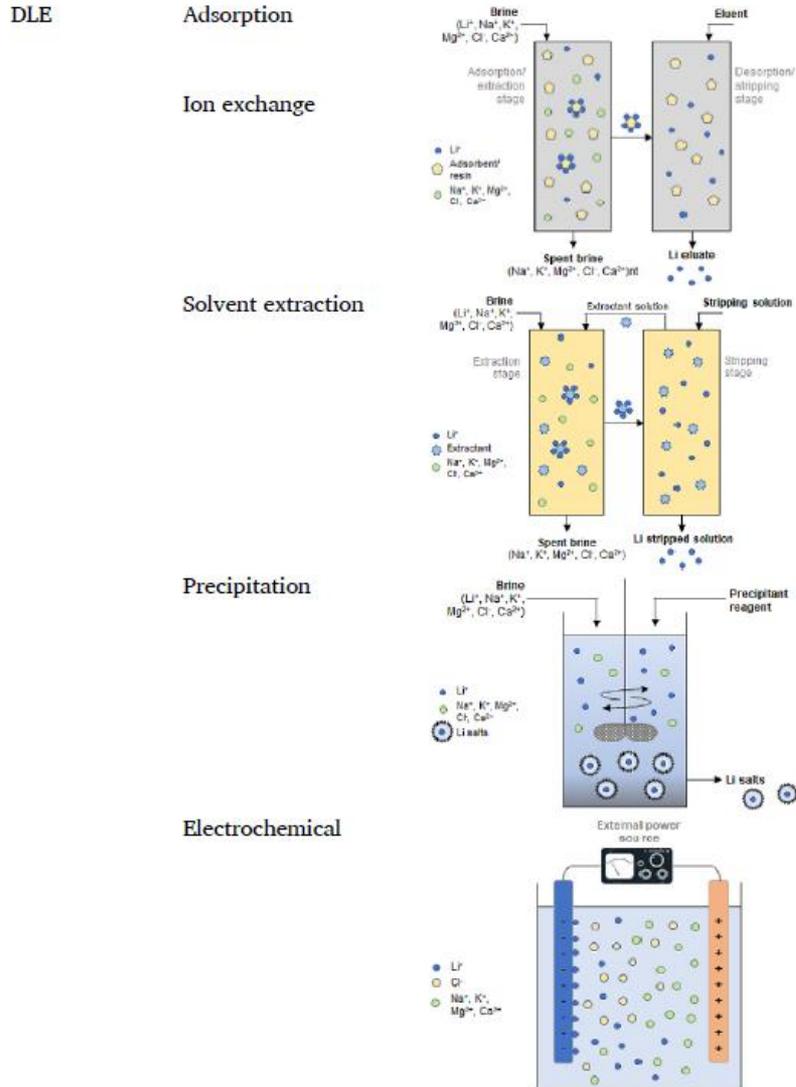
journal homepage: www.elsevier.com/locate/resourpol



Technological tendencies for lithium production from salt lake brines: Progress and research gaps to move towards more sustainable processes

Diego Fuentealba^a, Cherie Flores-Fernández^b, Elizabeth Troncoso^{a,d,*}, Humberto Estay^{c,*}

Procesos DLE



Li-ion sieve (LIS)

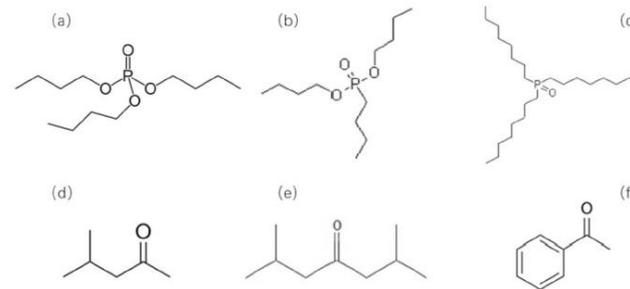
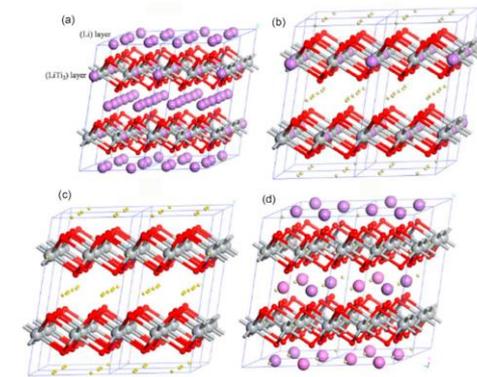
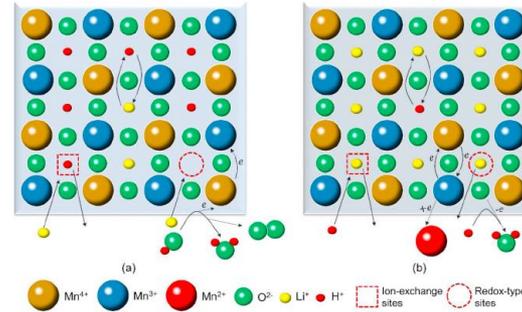
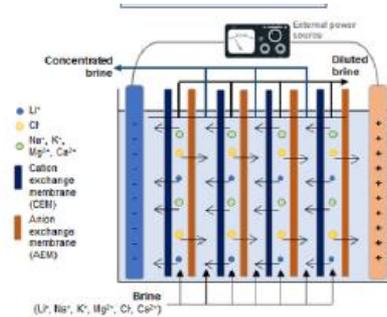


Fig. 3. Structures of several neutral extractants. (a) TBP, b) DBBP, c) TOPO, d) MIBK, e) DIBK, f) acetophenone.

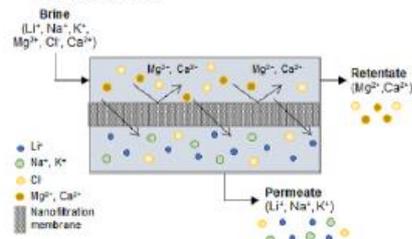
Procesos LBC

LBC

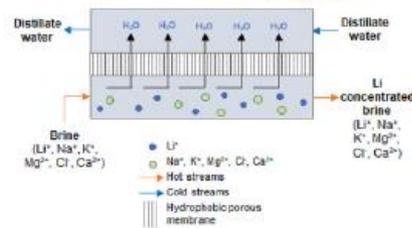
Electrodialysis/
electromembrane



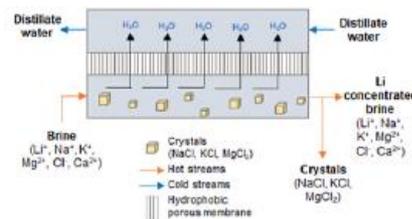
Nanofiltration



Membrane distillation



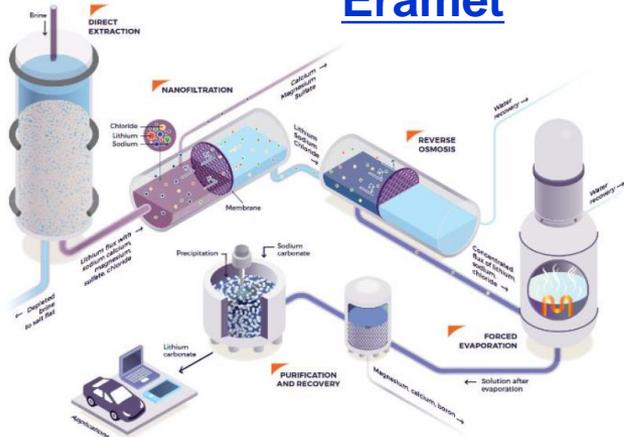
Membrane crystallization



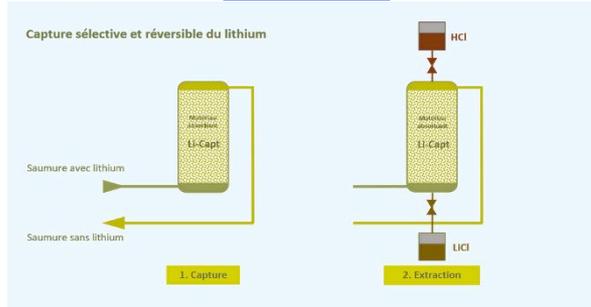
Fuentealba et al., *Resour Policy*, 2023

Plantas Piloto

Eramet

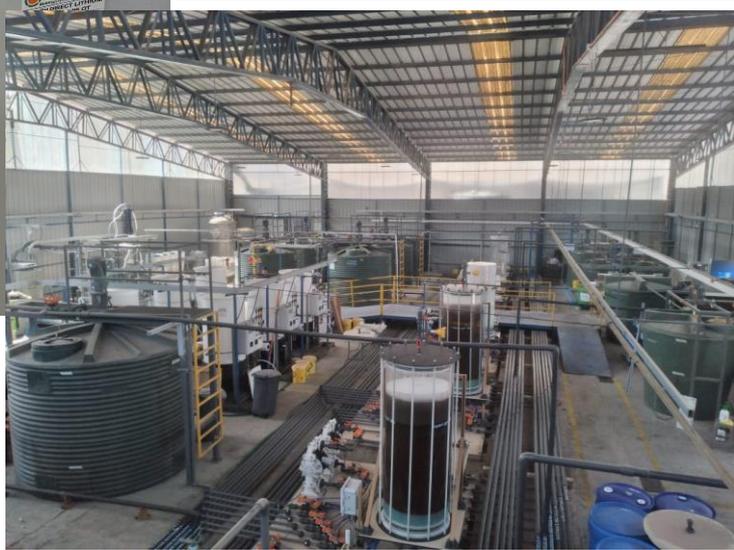


Geolith

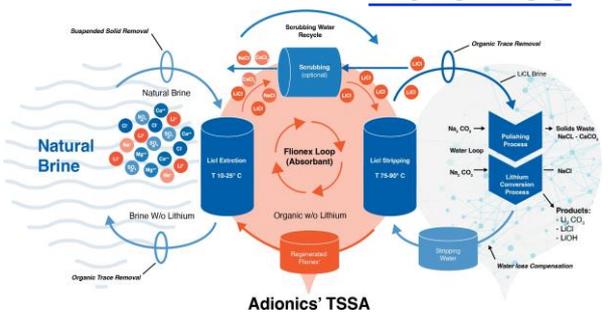


IBC - SIMCO

Molecular Recognition + Technology
=
Molecular Recognition Technology™ (MRT™)
MRT™

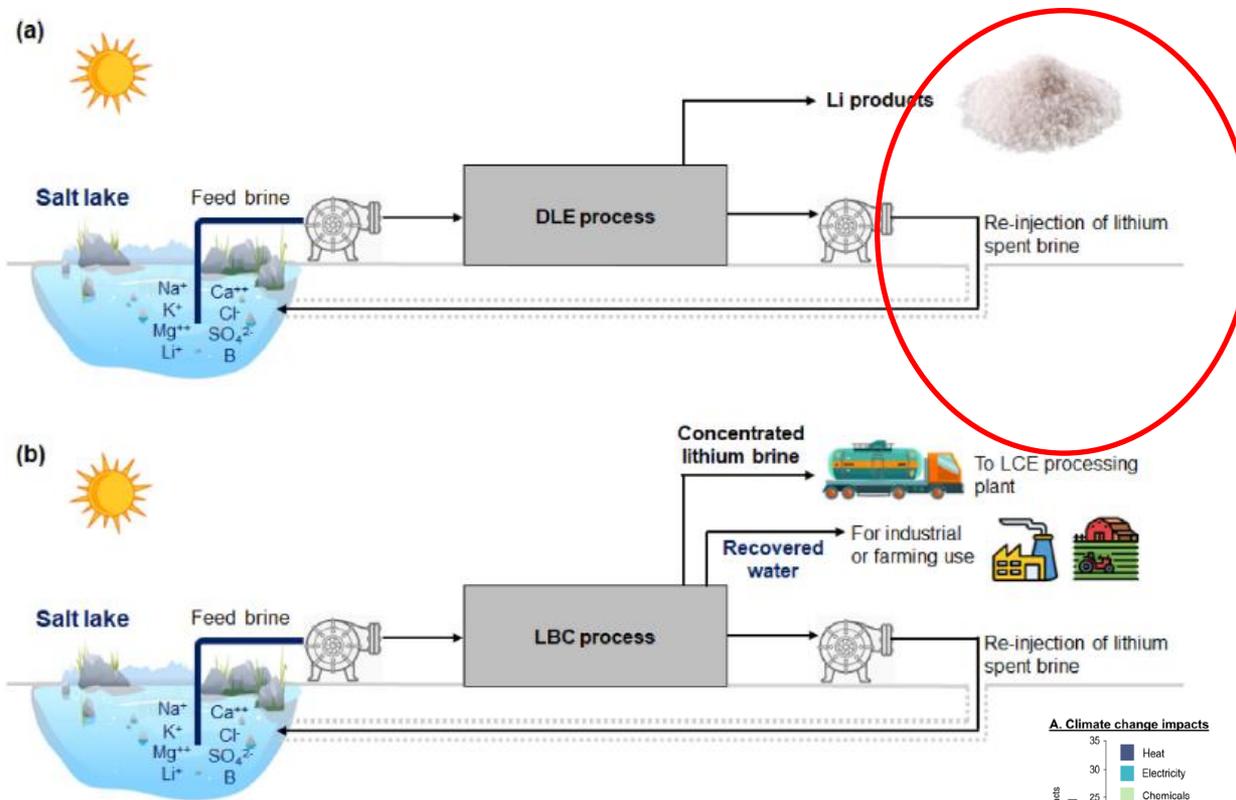


Adionics



El rol de China en la extracción de litio en América Latina: Aspectos y retos socioambientales, tecnológicos y geopolíticos, La Paz, Bolivia, 29 Mayo 2024

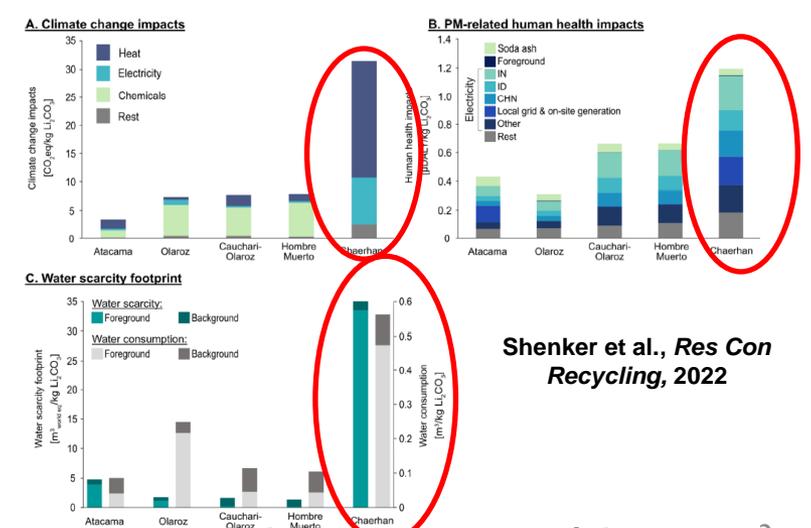
Manejo de salmuera de descarte



Existe poca evidencia pública que sustente este enfoque o solución

Cómo?, Donde?, Qué?

Fig. 4. Brine management options for DLE (a) and LBC processes (b).



Shenker et al., *Res Con Recycling*, 2022

Resources Policy 63 (2023) 103572

Contents lists available at ScienceDirect

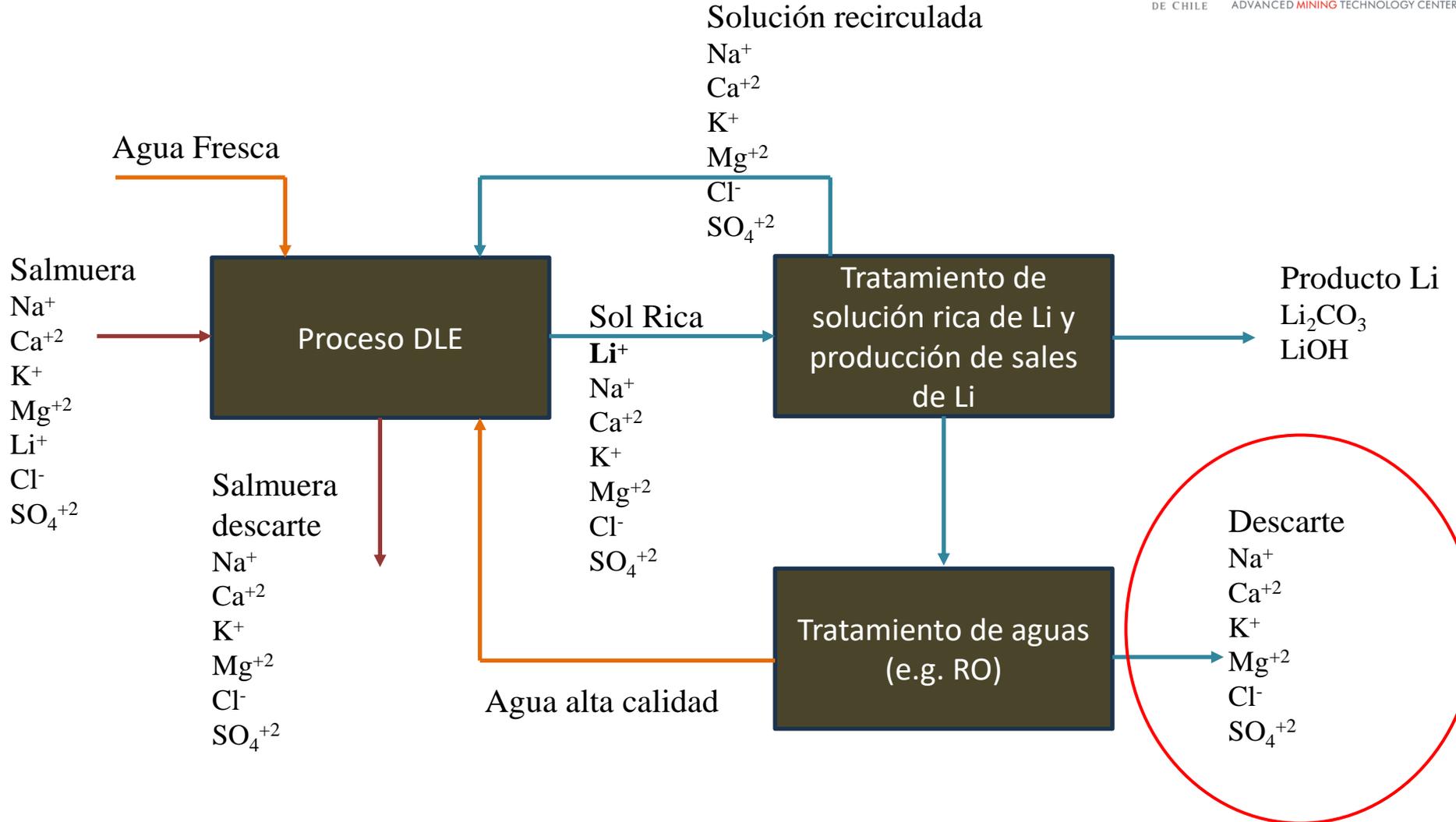
Resources Policy

journal homepage: www.elsevier.com/locate/resourpol

Technological tendencies for lithium production from salt lake brines: Progress and research gaps to move towards more sustainable processes

Diego Fuentealba^a, Cherie Flores-Fernández^b, Elizabeth Troncoso^{c,d,*}, Humberto Estay^{e,*}

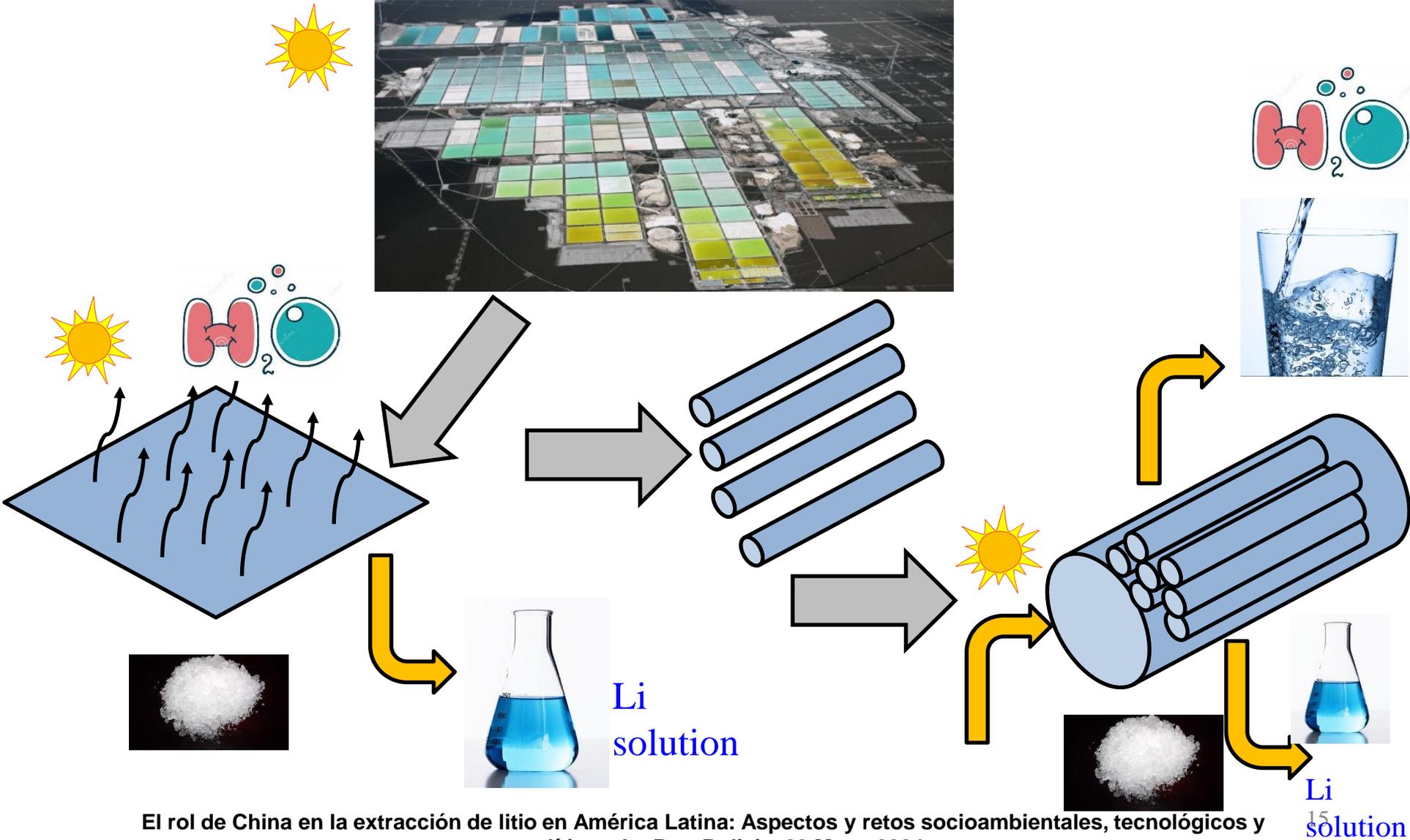
Manejo de agua Procesos DLE



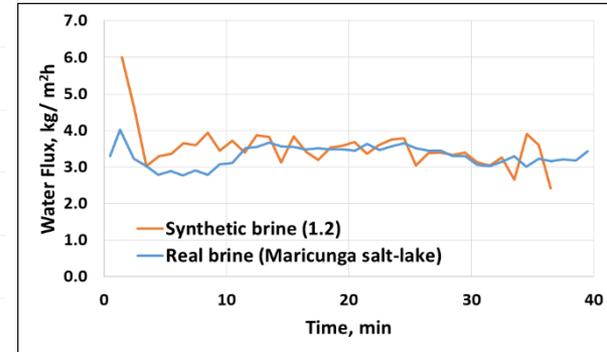
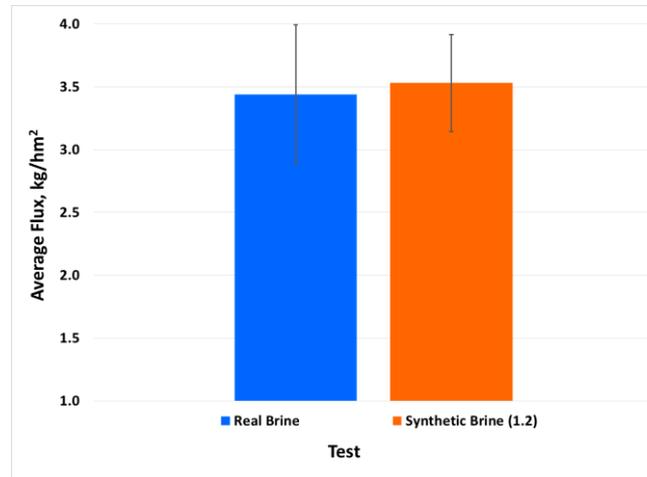
Desafíos de nuevas tecnologías

1. Las tecnologías alternativas serán más económicas (Capex, Opex) y ambientalmente amigables que el proceso actual?
2. Un potencial aumento de costos de operación pondría en riesgo la competitividad de los países latinoamericanos en el mercado del Litio?
3. Habrá una transición de procesos mixtos de piscinas+DLE+LBC?
4. Cómo convive lo anterior con las exigencias medioambientales de los salares y comunidades, reducción de huella de carbono y relato de Chile como país minero sostenible?

Recuperación de agua y concentración de salmueras de Li



Recuperación de agua y concentración de salmueras de Li



Characteristics of water recovered

Ion	Real brine	Synthetic brine
Na ⁺ , mg/L	7.15	3.10
K ⁺ , mg/L	0.65	0.72
Mg ²⁺ , mg/L	0.35	0.08
Li ⁺ , mg/L	0.039	0.015
Ca ²⁺ , mg/L	1.27	<0.01
Cl ⁻ , mg/L	11.9	12.5
SO ₄ ²⁻ , mg/L	<0.01	<0.01

Desalination 537 (2022) 115867



Contents lists available at ScienceDirect

Desalination

journal homepage: www.elsevier.com/locate/desal

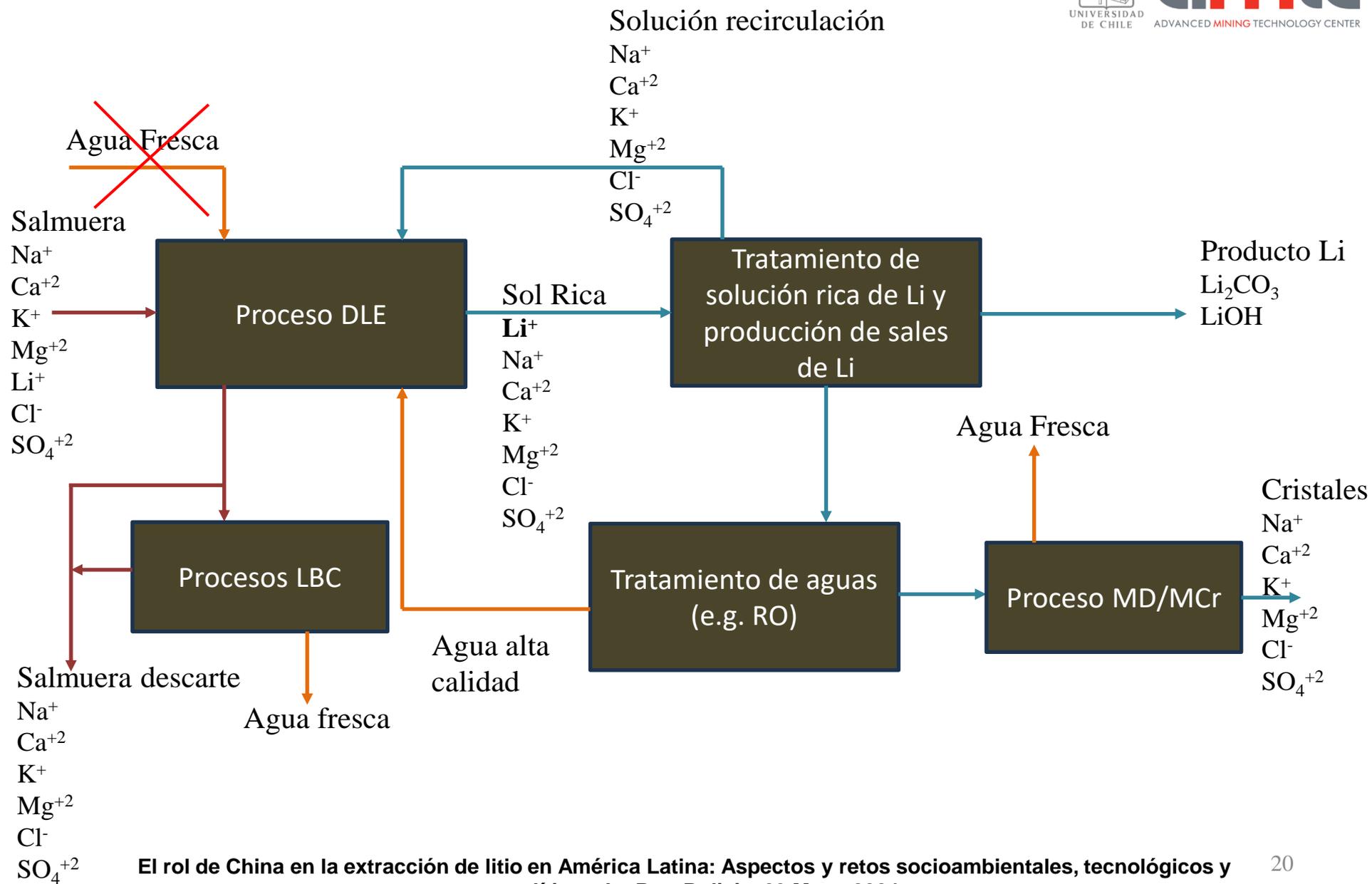


Water recovery assessment from hypersaline lithium-rich brines using Membrane Distillation-Crystallization

Michelle Quilaqueo^{a,b}, Gabriel Seriche^a, Lorena Barros^a, Carol González^a, Julio Romero^b, René Ruby-Figueroa^a, Sergio Santoro^d, Efrén Curcio^a, Humberto Estay^{a,c}



Integración de Procesos DLE+LBC



Conclusiones

1. El actual procesamiento de salmueras de Li tiene restricciones inherentes con la producción sostenible de Li
2. Los procesos DLE, particularmente adsorción/IX u extracción por solventes (SX) han tenido un interesante desarrollo a escala piloto
3. Existen diversos desafíos para los procesos alternativos de extracción de Li, como la reducción del consumo de energía, la reducción del consumo de agua fresca, la estabilidad de los materiales, estabilidad química de salmueras y la re-inyección de salmueras
4. Los desarrollos futuros deberían estar enfocados en la integración de procesos, desarrollo de nuevos materiales y estudios de re-inyección de salmueras

Muchas gracias!!!



**Equipo de Desarrollo de Procesos, Grupo de
Metalurgia Extractiva, AMTC**



**Agencia
Nacional de
Investigación
y Desarrollo**

Ministerio de Ciencia,
Tecnología, Conocimiento
e Innovación

Gobierno de Chile

**Proyecto Basal AFB230001
Proyecto Fondef ID23I10010
Proyecto Fondef IT23I10004
Proyecto Fondecyt 1211752
Proyecto Exploración 13220059**