

**OBTENCION DE LITIO Y AGREGADO DE VALOR A PARTIR DE LAS AGUAS DE PRODUCCION DE PETRÓLEO**

Erdmann E.<sup>1,2</sup>, de Castro J.<sup>2</sup>, Lezama J.<sup>1</sup> y Preti L.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Investigaciones para la Industria Química (INIQUI, CONICET-UNSA), Av. Bolivia 5150, 4400 Salta, Argentina.

<sup>2</sup>Universidad Austral. Mariano Acosta 1611, B1630FHB Pilar, Buenos Aires, Argentina.

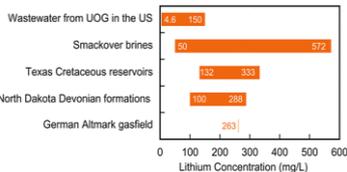
<sup>3</sup>Minería Positiva S.R.L. La Niña 25, Villa Rebeca, 4400 Salta, Argentina.

Contacto: eleonora@ing.unsa.edu.ar

**ANTECEDENTES**

Las aguas de producción de los campos de petróleo y gas tienen potencial como recurso de Li porque no hay necesidad de construir nuevos pozos y porque los productores de petróleo pueden beneficiarse del flujo de ingresos generado por la recuperación de Li de dichas aguas, que de otro modo sería una carga financiera.

**Figura 1. Contenidos de Li de las aguas residuales de diferentes campos de gas y petróleo.**  
Fuente June 2019 ACS Energy Letters 4(6):1471-1474

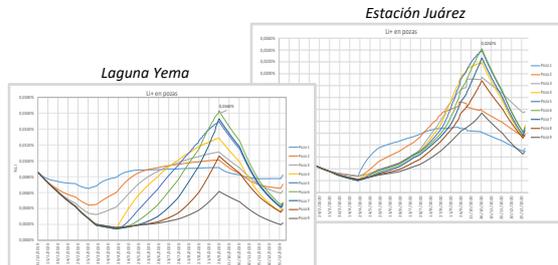


**INGENIERÍA BÁSICA**

Los escenarios propuestos de estudio son:

- Proceso Evaporativo
- Proceso con Adsorción Selectiva
- Proceso con Extracción por Solvente

**Figura 5. Simulaciones de pozas de evaporación.**



**METODOLOGÍA**

Se analizan tres puntos básicos necesarios para evaluar las diferentes tecnologías.

- Flujo de pozos disponible
- Composición Química de las aguas
- Meteorología del sitio

Se realiza un relevamiento de los pozos que aportan al flujo total de agua, para la evaluación de la obtención de litio y/o otros minerales de interés.

Se determina la composición química de las mismas realizando una comparación de las distintas fuentes de análisis para corroborar la verdadera existencia y composición de los componentes que contiene.

La determinación química de las aguas de producción se evaluó para cada pozo en particular y se realizaron distintas tomas de muestras en puntos representativos de interés para el trabajo.

Se releva la meteorología del sitio con el fin de poder determinar la factibilidad del proceso convencional de concentración considerando piletas de evaporación solar.



**Figura 2. Áreas donde se ubican los yacimientos Palmar Largo, Surubí y El Chivil.**

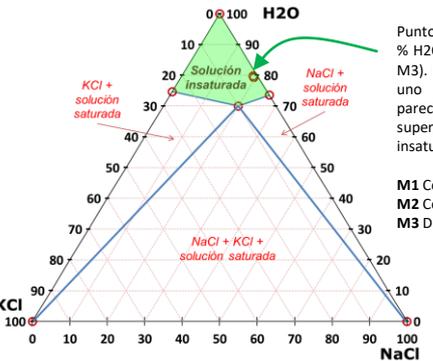
**Tabla 1. Volumen de agua de Producción POTENCIALES**

Pozos	Producción Diaria de Agua (en m <sup>3</sup> )
Área Palmar Largo	4.454
Área Surubí	1.329
Área El Chivil	294
<b>TOTAL 3 AREAS</b>	<b>6.078</b>

El flujo POTENCIAL se puede poner en consideración si se lleva a cabo una inversión en *workover* para los 5 pozos inactivos de las áreas de Palmar y de Surubí y el ducto para llevar el agua de producción del área de El Chivil, siendo esta inversión de 3 MM USD.

**Composición Química de las aguas**

A partir de los resultados obtenidos, se tomaron para los cálculos de proceso una densidad del agua de formación de 1,15 kg/l y una concentración de litio de 52 mg/l, lo que corresponde a 45 ppm aproximadamente.



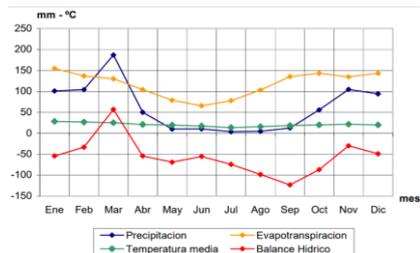
Puntos correspondientes a los % de NaCl, %KCl y % H2O de cada una de las muestras (M1, M2, y M3). Debido a que las concentraciones de cada uno de los iones considerados son muy parecidas los tres puntos están casi superpuestos y están en la zona de solución insaturada.

- M1 Colector purga TK tratamiento de crudo
- M2 Colector General Inyección a Pozo
- M3 Ducto ingreso Surubí a Planta

**Figura 3. Diagrama Ternario NaCl - KCl - H<sub>2</sub>O a T= 25°C**

**Meteorología del Sitio**

**Estación Meteorológica Laguna Yema:** ubicada a unos 160 kilómetros de Palmar Largo, en el límite de la región subhúmeda seca y semiárida. El clima de la zona se clasifica como subtropical - continental.  
**Estación Meteorológica Ingeniero Juárez:** ubicada en el oeste de la provincia de Formosa. Posee un clima subtropical continental semiárido con época seca definida.



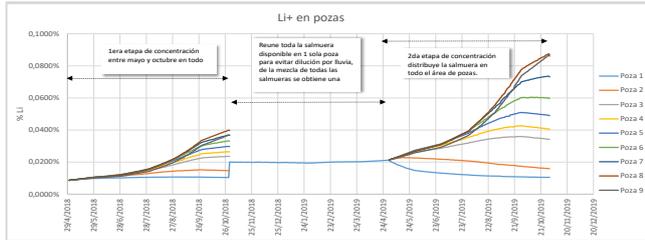
**Figura 4. Datos meteorológicos en función de los meses del año 1998-2005**

Si bien Na y Cl son los componentes mayoritarios no alcanzan la saturación, es una salmuera diluida. Las primeras piletas según la simulación no producirían sales, solo en las últimas piletas precipitan algo de NaCl.

Las simulaciones muestran que en el transcurso de dos años se logra solamente incrementar 10 veces la concentración de Li, siendo necesario llevarla al menos 10 veces más. Para esto se necesitaría en al menos 4 años y 360 hectáreas de piletas revestidas, cuyo Capex sería superior a los 30 millones de dólares.

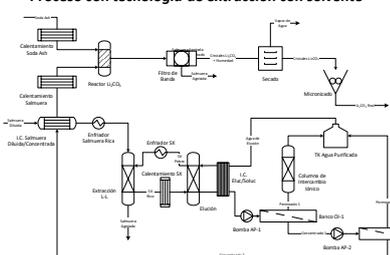
La conclusión final es la misma para ambas simulaciones, el método de concentración solar en piletas no es apropiado para las condiciones de salmueras de la cuenca.

**Figura 6. Simulación con reducción de área de evaporación en el periodo octubre-abril**

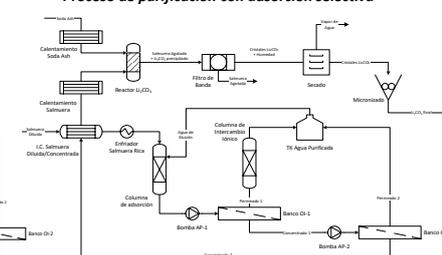


**Procesos No Evaporativos**

**Proceso con tecnología de extracción con solvente**



**Proceso de purificación con adsorción selectiva**



Para la ingeniería conceptual se realizaron las siguientes tareas.

1. Diseño de la planilla de balance de masa y dimensionamiento del proceso con datos secundarios.
2. Cálculos de adsorción-dimensionamiento columna.
3. Definición de criterios de diseño.
4. Diagramas de Flujo y dimensionado preliminar de equipos
  - a) Pretratamiento de Salmuera
  - b) Planta de Adsorción de Litio
5. Dimensionado preliminar planta de Osmosis Inversa-Contacto con proveedores-

**ANÁLISIS ECONÓMICO**

**Proceso de Adsorción Selectiva**

Descripción	Costo US\$
Planta de Adsorción Selectiva	2.400.000
Planta de Osmosis Inversa	1.600.000
<b>TOTAL BRINE PLANT</b>	<b>4.000.000</b>
LITHIUM CARBONATE PLANT	
General Area	1.600.000
<b>TOTAL LITHIUM CARBONATE PLANT</b>	<b>1.600.000</b>
GENERAL UTILITIES	
Power Supply	800.000
Water supply	160.000
Automation & Communications	160.000
<b>TOTAL GENERAL UTILITIES</b>	<b>1.120.000</b>
INFRASTRUCTURE	
Buildings Plant	320.000
<b>TOTAL INFRASTRUCTURE</b>	<b>320.000</b>
<b>TOTAL DIRECT COST</b>	<b>7.040.000</b>
INDIRECT COST	
Engineering	320.000
Procurement	320.000
Construction management	320.000
<b>TOTAL INDIRECT COST</b>	<b>960.000</b>
<b>CAPEX</b>	<b>\$ 8.000.000</b>

**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

La factibilidad de producción de litio desde las salmueras de la cuenca Noroeste de Formosa esta demostrada.

La tecnología desarrollada para este proyecto, incluye adsorción selectiva. La adsorción selectiva de litio, tiene beneficios económicos y ambientales, es un nuevo tipo de industria verde de economía circular y desarrollo sostenible.

Los valores de CAPEX específico y de OPEX esperado se encuentran entre los más bajos de la industria, pudiendo reducir sustancialmente el riesgo comparativo en función que la materia prima es un producto residual de la producción de petróleo de Palmar, actualmente en operación.

Este proyecto tiene como fortaleza el poder convertirse en un caso testigo y como kick off que permita la creación de sistemas similares en todo el país donde las aguas de producción presenten el potencial en litio para la producción de carbonato.

Con el proyecto de Litio Formosa se puede integrar la relación con las comunidades con las que opera, promoviendo y guiándolos bajo el concepto de compartir el valor generado. Fuerte concepto de Valor Compartido.



**BIBLIOGRAFÍA**

- [1] Michael Smith German Mineral Resources Agency (DERA- October 31st 2019.
- [2] Amit Kumar, Hiroki Fukuda, T. Alan Hatton and John H. Lienhard, Lithium. June 2019 ACS Energy Letters 4(6):1471-1474.
- [3] United States Geological Survey. Mineral Commodity Summaries 2018; 2018.
- [4] Vikström, H.; Davidsson, S.; Höök, M. Appl. Energy 2013, 110, 252– 266.
- [5] Chon, U.; Lee, I. C.; Kim, K. Y.; Han, G.-C.; Song, C. H.; Jung, S. R. Method for Manufacturing Lithium Hydroxide and Method Using Same for Manufacturing Lithium Carbonate. Patent US9598291B2, 2017.
- [6] Nishihama, S.; Onishi, K.; Yoshizuka, K. Solvent Extr. Ion Exch. 2011, 29 (3), 421–431.
- [7] Ooi, K.; Miyai, Y.; Katoh, S. Sep. Sci. Technol. 1986, 21(8), 755–766.
- [8] Chitrakar, R.; Kanoh, H.; Miyai, Y.; Ooi, K. Ind. Eng. Chem. Res. 2001, 40 (9), 2054–2058.
- [9] Somrani, A.; Hamzaoui, A. H.; Pontie, M. Desalination. 2013, 317, 184–192.
- [10] YOUNG JANG, YUNJAI JANG, EUNHYEA CHUNG. Applied Geochemistry, Volume 78, March 2017, Pages 343-350.

TIR	56%
Repago de Inversión	2 años
Costo de capital	VAN
5%	\$ 43.779.524.06
10%	\$ 32.581.247.54
12%	\$ 29.314.938.50
15%	\$ 25.318.103.71
20%	\$ 20.391.530.27