

¿Cuánto carbono emite la extracción del litio chileno?

Por Gustavo Lagos, profesor UC.

Chile produjo en 2020 el 30,5% del litio del mundo, la mayor parte de este en la forma de carbonato de litio y el resto como hidróxido de litio. Ambos compuestos se utilizan en la producción de baterías de litio y también en otras aplicaciones. Toda la producción chilena de 2020 se originó en dos empresas, Albemarle y Soquimich, las que producen litio desde 1984 y 1997, respectivamente, mediante la extracción de salmueras en el Salar de Atacama y su posterior procesamiento. En 2020, la producción chilena representaba el 64,6% de la extracción de litio a partir de salmueras en el mundo.

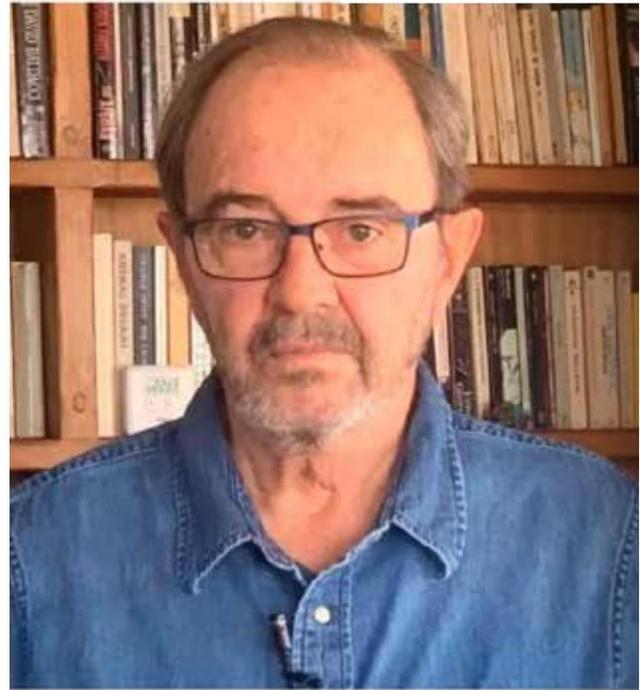
El objetivo principal del trabajo de Dictuc fue calcular la huella de carbono, es decir la emisión de gases efecto invernadero, GEI, de las operaciones de ambas empresas en el Salar de Atacama, cuyo resultado se publicará en una revista científica internacional de alta calidad, proceso que ya se inició. El trabajo aquí expuesto

se formalizó en 2021, mediante contratos idénticos suscritos por Dictuc (entidad 100% UC) y SQM y Albemarle.

Un equipo compuesto por dos académicos y 4 ingenieros de la Escuela de Ingeniería de la UC realizaron el análisis y cálculo del LCA, a partir de datos de las operaciones industriales, que fueron suministrados por las empresas. Estos datos fueron verificados por el equipo, y luego, aplicando métodos de cálculo según la norma ISO, calcularon la huella de carbono conjunta de la producción de litio de las dos compañías en el Salar de Atacama.

Hasta 2020, poco menos de la mitad del litio del mundo se extraía a partir de salmueras, principalmente en Chile, Argentina y China, mientras que el resto se extraía a partir de minerales que contienen espodumeno.

La industria mundial comenzó durante la segunda guerra mundial extrayendo espodumeno. El principal productor fue Estados Unidos. Una vez terminada la guerra se incorporó la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS), debido



a la necesidad de fabricar bombas de fusión nuclear. Otros países produjeron pequeñas cantidades de litio desde 1960, incluyendo Zimbabwe, China, Australia, Canadá, Argentina, y Brasil. Tras el ingreso de Chile a la producción, en 1984, este pasó a ubicarse en segundo lugar en producción a nivel global, con Australia tercero. En 1995 se produjo una fuerte declinación de la producción de Estados Unidos, en donde se producía litio de ambas fuentes, salmueras y minerales, lo que permitió a Chile pasar a ser el primer productor mundial, lugar que mantu-

vo hasta 2011. A partir de 2012 Australia se convirtió en el primer productor, lugar que ocupaba hasta 2020, con el 46% de la producción mundial, toda a partir de minerales de espodumeno. Tanto Albemarle como SQM en el salar de Atacama aplican el proceso tradicional para extraer litio a partir de salmueras, el que se basa en una tecnología aplicada por primera vez a nivel comercial en los Estados Unidos en 1966. La tecnología de extracción de litio a partir de rocas con espodumeno data de principios del siglo pasado.

El procesamiento a partir de salmueras consiste en su extracción y posterior evaporación solar en grandes pozas. Este proceso aumenta la concentración de Litio en la salmuera, desde aproximadamente el 0.2% a 6%.

En contraposición, Australia, exporta mayormente concentrado de litio con alrededor de un 2,8% de litio, principalmente a China, que lo refina para producir carbonato e hidróxido de litio.

El proceso de refinación del concentrado para producir carbonato de litio contiene cinco etapas, incluyendo calcinación, tostación, lixiviación y purificación, carbonatación, y secado. A partir de 2023 Australia contará con dos importantes plantas para procesar el concentrado localmente, de tal forma de exportar

productos refinados, al igual que Chile y Argentina.

La emisión unitaria de GEI calculada para la producción de litio a partir de salmueras del Salar de Atacama en 2020 fue de 4.022 kg CO₂ eq por tonelada de carbonato de litio.

La emisión unitaria de la operación en el Salar de Atacama representa el 12%, mientras que el proceso en las plantas químicas corresponden al restante 88% de la emisión. Dicha emisión depende principalmente de dos factores diferenciadores. El primero es la cantidad de combustibles fósiles usados en la red nacional para la generación de electricidad, y el segundo depende de factores intrínsecos de los procesos, así como de los insumos y reactivos utilizados.

Para comparación, las dos operaciones de Argentina, Livent en el Salar de Hombre Muerto y Orocobre en el Salar de Olaroz, usan evaporación solar y plantas químicas similares a las chilenas, aunque en Hom-

bre Muerto hay una etapa previa de extracción directa, la que será descontinuada debido al alto consumo de agua. Orocobre (Reporte Sustentabilidad de 2021) reportó emisiones de GEI totales de 6.650 kg CO₂ eq./ton. carbonato de litio en 2020, es decir, 65% más de que lo que se emite por tonelada de litio producido en el Salar de Atacama.

¿A qué se debe esta diferencia?

La emisión promedio del Sistema Eléctrico chileno en 2020 fue de 543 kg de CO₂ equivalente por MWh. Pero ello representó solo el 10,7% de la emisión de GEI del carbonato de litio en Chile, por lo que no sería este el factor crítico que explica la diferencia.

La electricidad de las dos operaciones en Argentina, en cambio, no se obtienen de la red nacional, sino de generadores diesel y de gas natural, por lo que la emisión total por generación de electricidad es muy superior a la de Chile.

Aunque la producción de litio a partir de mineral con espodumeno reducirá su emisión unitaria de GEI si usa electricidad de fuentes renovables, es esperable que la producción de litio a partir de **salmueras del Salar de Atacama continuará siendo la de menor emisión** unitaria de gases de efecto invernadero”.

Título: ¿ Cuánto carbono emite la extracción del litio chileno?

Una segunda causa de la mayor emisión de GEI en Argentina, es que la salmuera que se procesa en las pozas de evaporación tiene menor ley de litio que las salmueras del Salar de Atacama, por lo que las plantas químicas argentinas usan mucho más reactivos, en particular ceniza de soda, para transformar la salmuera en carbonato de litio. La ceniza de soda es responsable del 63,3% de las emisiones de GEI en la producción de litio chileno en 2020.

Para comparar la emisión de GEI de la producción de litio en el Salar de Atacama con la emisión de GEI a partir de espodumeno, utilizamos tres referencias bibliográficas. Una (Jiang 2020) estima una emisión de 15.690 kg CO₂ eq./tonelada de carbonato de

litio, una segunda estimación (Kelly 2021) estima 20.400 kg CO₂ eq./tonelada de carbonato de litio, y una tercera (European Metals 2021) estima 24.200 kg CO₂ eq./tonelada de carbonato de litio.

Las tres fuentes consideran que el carbonato de litio se produce usando una matriz eléctrica con combustibles fósiles que tiene factores de emisión entre 788 y 857 kg CO₂/MWh, sustancialmente superiores al factor chileno. Por otra parte, la planta de refinación ubicada en China incluye cinco etapas, una de ellas utilizando ceniza de soda, altamente intensiva en emisiones. Adicionalmente el calor de proceso para la calcinación y generación de vapor se genera mediante carbón, según Kelly. Finalmente, European

Metals (2021) estimó las emisiones unitarias para una variedad de operaciones, todas a partir de espodumeno, calculando emisiones que van desde 15,2 hasta 24,2 ton CO₂ eq./tonelada de carbonato de litio, dependiendo de donde se realice la minería propiamente tal (Estados Unidos, Australia y otros países).

Aunque la producción de litio a partir de mineral con espodumeno reducirá su emisión unitaria de GEI si usa electricidad de fuentes renovables, incluyendo la fabricación de insumos como la ceniza de soda, es esperable que la producción de litio a partir de salmueras del Salar de Atacama continuará siendo la de menor emisión unitaria de gases de efecto invernadero. **mch**

📌 **Figura 1: Emision de GEI a partir de distintas operaciones en el mundo.**

