

Industrialización del litio en Bolivia: ¿Utopía o realidad?

Rosendo Sanjinés Zeballos

E.M.R. (Swiss Federal Institute of Technology in Lausanne, E.P.F.L, Switzerland, www.epfl.ch)

PhD in Physics (Faculty of Science - University of Neuchâtel, Switzerland, www.unine.ch)

MSc in Physics (Faculty of Science - University of Geneva, www.unige.ch)

La industrialización del litio seguirá siendo un gran desafío para el país mientras no logremos cimentar la educación y los conocimientos básicos porque el nivel de desarrollo industrial de un país depende de la ciencia y la tecnología. Toda industria necesita para su desarrollo capitales, materias primas, maquinarias y recursos humanos. Gracias a la renta del gas tuvimos recursos para realizar inversiones. Esto se acabó, ¿no estamos buscando bonos para financiar la extracción de litio? Hablando de materias primas, aparte del litio, que todavía no extraemos industrialmente, no poseemos los otros metales que intervienen en la fabricación de las baterías, como el grafito, cobalto, níquel y manganeso. En cuanto a maquinaria industrial, no tenemos fabricantes de equipos, será necesario importar maquinarias y repuestos. Finalmente, el éxito o fracaso del desarrollo de una naciente industria está estrechamente vinculado a la calidad de la capacitación de su personal profesional. Carente de todos estos medios, ¿qué futuro podemos predecir a la industrialización del litio en nuestro país?

La aventura de la industrialización del litio comenzó en 2008, cuando el Gobierno presentó su plan para el desarrollo de toda la cadena de valor del litio: aguas arriba se sitúa la extracción y producción de carbonato de litio grado batería mientras que aguas abajo están la elaboración de materiales catódicos, la fabricación de celdas y el ensamblado de baterías. Es importante recordar que, aguas abajo, la cadena de valor del litio se caracteriza por su alto nivel de especialización, por el dominio de diversas tecnologías y por la capacidad de innovación; estos elementos garantizan una producción industrial eficiente, generan patentes y aseguran una independencia industrial.

Evolución de los precios de las baterías

El “Dorado” de los Andes, el litio, -metal estratégico para la industria del automóvil eléctrico y para el almacenamiento de energías intermitentes en la lucha contra el calentamiento global-, entró en plena desaceleración económica. La burbuja económica del litio, inflada artificialmente

por la especulación de la venta de vehículos eléctricos, estalló. Los precios de la tonelada de carbonato de litio subieron de 8.000 \$US hasta 80.000 \$US en 2022 para luego caer a 13.500 \$US a fines de 2023. ¿Qué efecto tuvo sobre el precio de las baterías?

Actualmente dos tipos de tecnologías dominan el mercado de las baterías de ion litio: la tecnología de materiales catódicos basada en una combinación de óxidos de litio, níquel, manganeso y cobalto que llevan el nombre genérico de NMC (ejemplo: NMC111=LiNi_{0,33}Mn_{0,33}Co_{0,33}, NMC811=LiNi_{0,8}Mn_{0,1}Co_{0,1}), y la tecnología de cátodos en fosfato de hierro litado LiFePO₄ comúnmente designados por LFP.

Los precios de las baterías han seguido de cerca la evolución de los precios del litio, cobalto, níquel, manganeso y hierro, metales que intervienen en la fabricación de las baterías. Por consiguiente, la sola fluctuación de los precios del litio tuvo poco efecto sobre el precio de las baterías. El

costo de producción del kWh de las baterías NMC, tras un aumento de 15% en 2022, volvió a caer a 139 \$US en 2023.

La reducción de los costos de producción del kWh de las baterías continuará en el futuro debido al constante progreso de las tecnologías, al escalamiento en los procesos de fabricación (mega fábricas) y al acceso a las materias primas a bajo precio. Así, se pronostica que los costos de producción del kWh serán de 133 \$US en 2024, de 113 \$US en 2025 y de 80 \$US en 2030. En lo que se refiere a las baterías de fosfato de hierro litiado (LFP), el costo de producción es de 25 % más bajo que el de las baterías NMC. Las baterías LFP, a pesar de tener una densidad de carga eléctrica más baja que las baterías NMC, son más populares porque son consideradas más seguras en términos de riesgo a la autoignición.

A nivel internacional, la cadena de valor de las baterías está totalmente controlada por los países asiáticos (China, Japón, y Corea del Sur). En 2022, respecto a la producción mundial de baterías la participación de la empresa china CATL fue de 35%, la coreana LG Chem produjo 15%, la china BYD alcanzó a producir el 12 %, Panasonic de Japón el 10%, SK-On de Corea 6,6 % y Samsung 5%.

La guerra de tecnologías

El año pasado, BYD, uno de los principales fabricantes de vehículos eléctricos de lujo en China, vendió 526.000 unidades y pasó a ser el líder mundial dejando al americano TESLA en segundo lugar con una venta de 484.000 unidades. Actualmente, BYD es el primer fabricante mundial de baterías de litio con cátodos de fosfato de hierro litiado (LFP) y pretende rivalizar con TESLA y su modelo S. La batería LFP del último modelo U7 de BYD tendría una capacidad energética de 135 kWh contra sólo 95 kWh de la batería NMC del modelo S de TESLA, lo cual le permitiría alcanzar una autonomía de más de 800 km, pero pesaría más de 1000

kg haciendo que el peso total del automóvil sea de 3000 kg.

El principal rival de BYD es otro fabricante de vehículos eléctricos, el constructor chino NIO. Según reportes de la compañía NIO, su vehículo eléctrico modelo ET7 logró alcanzar un recorrido de más de 1000 km con una sola recarga gracias a un nuevo tipo de baterías de litio que pesan 575 kg y que tienen una capacidad de 150 kWh. La nueva batería de NIO es de tipo NMC, pero en lugar de un electrolito líquido emplea un nuevo electrolito semi-sólido.

Eso no es todo, Toyota, el gigante del automóvil japonés, anunció el año pasado que pronto fabricará baterías de litio equipados con electrolitos 100% sólido, esta tecnología de batería “*todo sólido*” permitirá alcanzar una autonomía de 1200 km según Toyota. Ante esta noticia, los fabricantes de baterías chinas BYD, CATL y NIO anunciaron que formarían alianzas para desarrollar este tipo de baterías. Por el momento, las firmas chinas BYD y CATL se enfrentan por uso indebido de patentes sobre las baterías LFP.

Por otra parte, y sorprendentemente, surge otro outsider en la carrera de baterías, las *baterías de ion sodio*. Hasta hace dos años atrás, las baterías de ion sodio eran consideradas como las hipotéticas baterías del futuro. Actualmente, varios fabricantes de baterías como las chinas CATL, HBT y BYD o las suecas Altris AB y Northvolt AB ya las producen industrialmente; por otro lado, el constructor chino JAC Motors se lanzó en la producción de autos eléctricos con baterías de ion sodio.

Gracias a cátodos sobre la base de hierro-cianuro de sodio $\text{Na}_x\text{Fe}(\text{Fe}(\text{CN})_6)$, un compuesto más conocido como “*azul o blanco de Prusia*”, las baterías de ion sodio alcanzan una capacidad gravimétrica de 160 Wh/kg y se sitúan como competidores con las baterías de ion litio LFP de capacidad

170 Wh/kg. Además, las baterías de ion sodio presentarían ciertas ventajas: son más baratas y más seguras, no emplean materiales tóxicos, son reciclables y económicamente sostenibles.

Situación actual de la Industrialización del litio en Bolivia

YLB cuenta con una Planta piloto de síntesis de materiales catódicos y una Planta piloto de ensamblado de baterías. En su Memoria Institucional 2021, YLB informó que se fabrican materiales catódicos de tipo NMC y LFP. Por otro lado, también se informa que se fabrican prototipos de pequeñas baterías de 3,7V 15Ah de tecnología NMC destinadas a la recarga de celulares y tablets, y prototipos de baterías de 12,8V 20Ah (40W) y de 12,8V 30Ah (60W) de tecnología LFP dedicadas a usos de luminaria solar. Igualmente, YLB anunció la realización de un prototipo de 15 kWh (64V 80 Ah) para vehículos eléctricos de la empresa boliviana Quantum.

Lamentablemente, YLB no proporciona informes sobre la calidad de sus productos (ciclos de vida, costos de fabricación del kWh, rendimiento efectivo) ni sobre los últimos avances tecnológicos logrados en su Centro de Investigaciones. A pesar de ello, los resultados obtenidos por YLB muestran que se adquirió una cierta experiencia técnica y profesional, pero estos conocimientos básicos no son suficientes como para dominar las tecnologías emergentes y los procesos productivos a nivel industrial, sobre todo aquellos que están destinados a la producción de baterías de 60 a 100 kWh para vehículos eléctricos.

A nivel nacional y latinoamericano existe una demanda de baterías para pequeños autos eléctricos tal como lo ha demostrado la empresa boliviana QUANTUM. En 2020, YLB firmó acuerdos con esta empresa para integrar sus baterías de 15kWh en los coches de Quantum. En 2022,

después de dos años de espera, QUANTUM decidió instalar su propia planta de ensamblado de baterías y emplear celdas de fabricación china en espera de una producción nacional. En cuanto a los autos clásicos, recientemente, Toyota anunció su intención de producir baterías y fabricar autos híbridos en Brasil con una inversión de 2000 millones de \$US hasta 2030.

Frente al gran desarrollo tecnológico e industrial alcanzado a la fecha por China, Japón y Corea del Sur, las preguntas claves son: ¿Cómo encarar la industrialización del litio en nuestro país? ¿Qué tipos de materiales catódicos y de baterías se deben fabricar? ¿Cómo garantizar el suministro de grafito, cobalto, níquel, manganeso y hierro? ¿Se logrará alcanzar la tecnología y el know-how necesarios para producir baterías que sean competitivas en el mercado internacional? El tamaño del mercado es determinante para el crecimiento industrial, ¿existe un estudio del mercado? ¿Se logrará alcanzar bajos costos de producción para ser competitivos en el mercado mundial? ¿Cómo resolver el problema de la carencia de patentes? En 2023, el total de patentes sobre baterías registrados principalmente por China, Japón, EEUU, Corea, y Francia fue de 9.600, doce veces más que en 2003, sólo la producción china representó cerca del 50 %.

Sueño o realidad de la Industrialización

Nuestro país enfrenta serias dificultades para avanzar en su desarrollo industrial, en particular por el retraso en la implementación de políticas de cambio estructural que impulsen sectores modernos y de alta productividad. A estas alturas, el modelo de “tecnología soberana” es cuestionable. Si deseamos desarrollar productos de la cadena de valores del litio lo primero que debemos hacer es romper con ciertas barreras ideológicas que bloquean e impiden avanzar. A continuación, proponemos algunas

reflexiones sobre como optimizar el desarrollo tecnológico y el encadenamiento productivo

1) Sin grandes inversiones la industrialización del litio es sólo un sueño. Las actividades aguas abajo que se quieren desarrollar requieren un alto nivel de inversión. Las inversiones en plantas industriales de materiales catódicos, celdas y ensamblado de baterías son demasiado elevadas y difícilmente podrían ser financiadas por el Gobierno. Se necesitará un aporte relevante de tecnología y de inversión extranjera. ¿Qué alternativa nos queda? Buscar alianzas estratégicas con fabricantes de baterías y vehículos eléctricos que aporten tecnologías e inversiones. Pero, esto está sujeto a las condiciones que el Gobierno y el pueblo boliviano estén dispuestos a ofrecer a las compañías extranjeras (fiscales, ambientales, infraestructura, estabilidad social, seguridad jurídica, garantías de inversión) y a la situación de los mercados internacionales que no necesariamente es la más propicia para el país por su alejada situación geográfica de los principales mercados de la industria de los vehículos eléctricos.

2) Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI) son las claves que nos permitirán avanzar en la industrialización exitosa del litio. Lastimosamente, ni YLB ni el Gobierno han considerado estos factores como parte integrante de una visión estratégica tal como lo demuestra la ausencia de programas y políticas CTI. Es necesario reactivar estas actividades. La adquisición de nuevos conocimientos toma tiempo y el desarrollo de tecnologías implica riesgos y es costosa. Por el momento, todas las actividades científicas desarrolladas se encuentran concentradas en el Centro de Investigación en Ciencia y Tecnología de Materiales y Recursos Evaporíticos de

Bolivia (CICYT MAT-REB) de YLB, que además posee un parque completo de equipos modernos de investigación, pero no cuenta con profesionales idóneos.

3) Carencia de recursos humanos idóneos. Es importante reorganizar YLB en una empresa descentralizada independiente del poder ejecutivo, esto con el fin de asegurar su funcionamiento óptimo con profesionales idóneos. En lugar de crear viceministerios, se debería gestionar la creación de un Consejo Nacional del Litio y de un Fondo Nacional para planificar e invertir en políticas CTI y de Investigación y Desarrollo (I+D). La construcción de capacidades tecnológicas e industriales para generar un proceso de cambio estructural es de largo plazo y no es una tarea fácil. Toda actividad industrial genera desechos y degradación del medio ambiente, YLB debe encarar urgentemente estos problemas con el fin de minimizar todos los impactos negativos. Las universidades y empresas nacionales pueden y deben jugar un papel importante en la activación de políticas y programas (I+D) y CTI, y formar núcleos de investigación vinculados con la protección del medio ambiente.

4) Ningún proceso de industrialización es viable sin agua y energía. Según las características químicas del salar y la tecnología empleada, se estima que para obtener una tonelada de litio metálico se consume entre 50 y 500 m³ de agua dulce. En cuanto a la producción de baterías, el consumo de energía eléctrica necesaria para producir 1 kWh de batería se sitúa entre 30 y 50 kWh_{elec}, lo cual significa que una planta industrial de producción de 10 GWh de baterías necesitará entre 300 y 500 GWh_{elec} de energía eléctrica. El suministro adecuado de agua dulce y de energía eléctrica es otro problema que YLB tiene que resolver imperativamente.