



Por: Álvaro Erik Martinelly Zeballos

EL RECICLAJE DE BATERÍAS DE LITIO DEBE SER CONSIDERADO COMO UNA COMPONENTE ESENCIAL

DE LOS PLANES ESTRATÉGICOS DEL ESTADO PLURINACIONAL SI LO QUE SE BUSCA ES GENERAR LA MAYOR CANTIDAD DE EMPLEOS POSIBLES.

Introducción

El presente estudio pretende aportar a la comprensión de los grandes movimientos por la apropiación permanente de los recursos minerales (metálicos y no metálicos) que desarrollan las potencias mundiales. El primer recurso y el que más se está perfeccionando en el último siglo, es el reciclaje.

Pese a que existen otros minerales de alto valor en los salares de Uyuni y Coipasa, como el potasio¹, aquí profundizaremos en el litio como un tema central en las políticas económicas del Estado Plurinacional.

Si durante el Siglo XX las grandes potencias utilizaron el almacenamiento de minerales en grandes reservas (*buffer stocks*), durante el siglo XXI, como se analizará en los antecedentes, el reciclaje ha pasado a

Los productos minerales varían en la medida en que puedan ser reutilizados, refabricados o reciclados, algunos pueden ser utilizados sólo una vez, otros pueden seguir siendo utilizados casi indefinidamente.

ser una forma de crear *buffer stocks* permanentes y en continuo crecimiento.

El litio es otra oportunidad histórica para nuestro país. A mediados de la década del noventa y luego del abandono de la LITHCO del país un autor decía que “el país ha perdido (o al menos postergado) una valiosa oportunidad de aprovechar las particularidades del mercado del litio y la rivalidad coyuntural de [...] empresas

LITIO

¿Porqué

líderes en ese rubro” (Orellana 1995: 4). La historia ha dado la razón a los intereses nacionales.

1. Antecedentes

El estaño es un antecedente inmediato de la producción minera boliviana y su relación con los juegos financieros y políticos del capitalismo que dominan los precios de las materias primas. Describiremos el caso del *buffer stock* de estaño de Estados Unidos durante la Segunda Guerra Mundial, para luego, en una segunda parte analizar el estado del *buffer stock virtual* constituido desde fines del Siglo XX hasta hoy día gracias al crecimiento constante del reciclaje y reutilización de los minerales metálicos y no metálicos en los países desarrollados.

1.1 El triste fantasma del estaño²

Enrique Peñaranda llegó al poder coincidiendo con la Segunda Guerra Mundial, su gobierno (1940-1943) se alió rápidamente a Estados Unidos y, Bolivia, que era el único productor mundial importante de occidente, dado que Malasia estaba bajo

control de los japoneses³, tuvo que aceptar precios ridículos por el estaño (ver Recuadro 1). En cambio, Perú en Argentina, aprovechó para vender su producción de alimentos a los países occidentales a precios elevados⁴.

Luego de la Segunda Guerra Mundial los norteamericanos utilizaron sus enormes reservas de estaño, compradas muy por debajo de su cotización, para mantener a raya los precios internacionales del mineral, amenazando periódicamente con lanzar estas reservas al mercado⁵. Estos procesos de manipulación de los precios de los minerales propios de la segunda mitad del Siglo XX han evolucionado con la aparición y consolidación de los procesos de reutilización y reciclaje de metales que antes acababan en los rellenos de basura de los países desarrollados.

El Instituto Geológico y Minero de España advierte que “El reciclado del estaño, en constante expansión en Estados Unidos y otros países, representa ya un serio freno al incremento de la demanda de metal primario. En EEUU el reciclado se ha llevado a cabo en 3 plantas desestañadoras más 73 plantas secundarias de metales no féreos, alcanzando en 2002, según el US Steel Recycling Institute (2002), una tasa de recu-



reciclarlo es tan importante como producirlo?

peración de latas desechadas del 59%⁶. El reciclaje de metales es el *Buffer Stock Virtual* del Siglo XXI.

1.2 Buffer Stock Virtual

Los productos minerales varían en la medida en que puedan ser reutilizados, re-fabricados o reciclados. Algunos productos

pueden ser utilizados sólo una vez, como el carbón. Otros pueden seguir siendo utilizados casi indefinidamente. Por ejemplo, es posible que 85% de todo el cobre extraído aun se encuentre en uso⁷.

El reciclaje reduce la demanda de metales primarios y requiere una cantidad de energía considerablemente menor si se la

compara con la producción de metal primario. Por ejemplo, el aluminio de chatarra requiere cerca de 5% y el acero de chatarra casi 25% de la energía necesaria para producir los metales primarios⁸.

Estados Unidos obtiene la mayoría del hierro utilizado en la fabricación de acero a partir de la chatarra; por consiguiente, su

Recuadro 1 Historia del Buffer Stock norteamericano de Estaño

Entre 1934 y 1935, un subcomité organizado dentro del Comité de Relaciones Exteriores del Congreso de los Estados Unidos hizo una "investigación sobre el estaño", motivada por la "peligrosa dependencia del país de fuentes extranjeras de aprovisionamiento". El estaño, junto con el tungsteno, antimonio, cromo, manganeso, yute, goma y otros productos, fueron calificados como "materiales estratégicos" por su origen lejano y su importancia para las necesidades industriales y militares de la nación*. [...]

El minucioso estudio del subcomité quedó en el papel durante varios años. Recuperó actualidad y se hizo importante en 1939, cuando la política agresiva de Hitler mostró al gobierno de Washington que las tormentosas nubes de una conflagración bélica en Europa extendían su amenazadora sombra hasta los Estados Unidos. [...] En 1939 el gobierno de Roosevelt estableció la necesidad de un "programa de adquisición de importantes cantidades de los materiales extranjeros que necesitarían los Estados Unidos para una guerra de tres años". [...] El estaño fue calificado como "el más importante y el más caro de los metales estratégicos". Se planeó la adquisición de una reserva de 80.000 a 100.000 toneladas.[...]

La guerra en el Pacífico entre el Japón y los Estados Unidos, iniciada con el ataque a Pearl Harbour de 7 de diciembre de 1941,

y el avance nipón sobre Malasia, las Indias Holandesas y otros territorios del Asia productores de estaño y principales abastecedores de los Estados Unidos, colocaron a Bolivia en una posición aún más importante para el esfuerzo bélico y el mantenimiento de la actividad de varias de las industrias de los Estados Unidos. [...]

El 4 de noviembre de 1940, todos los productores de estaño de Bolivia, con excepción de Patiño, e incluyendo el Banco Minero (rescatador del producto de los mineros chicos), suscribieron contratos de venta de sus minerales con el representante diplomático norteamericano. Los contratos se firmaron por un período de 5 años, a razón de 48 y medio centavos de dólar por libra de estaño puesta en Texas (equivalente a £ 278 la tonelada). En junio de 1942 este precio se mejoró a 60 centavos por libra (£ 333 la tonelada), puesta en un puerto próximo a Bolivia en el Pacífico ■

(*) Su empleo era pequeño pero esencial en la fabricación de cierto tipo de munición, ametralladoras, fusiles, pistolas, cornetas, cascos, cantimploras, binoculares, latas de alimentos, trípodes, proyectores, cámaras fotográficas, termómetros, compases, instrumentos de observación, cuchillería, cables, válvulas, conexiones eléctricas, circuitos de radio, automóviles, vagones, acoplados, tanques, locomotoras, hélices de barcos, tubos para torpedos y refrigeradores. (Querejazu, op. cit.)

▷ necesidad de mineral de hierro es menor. La cantidad de países que producen acero crudo es mucho mayor que los que usan mineral de hierro. Varios países más pequeños producen acero mediante hornos de arco voltaico alimentados con chatarra. Históricamente, el acero producido de chatarra era utilizado en la fabricación de productos de bajo valor. En la última década, la tecnología ha permitido el vaciado de láminas y placas de una calidad comercial que compite con las fundiciones 'integradas'⁹.

La producción de aluminio primario llegó a 24,4 millones de toneladas en 2000, mientras se reciclaron 15,6 millones de toneladas. Las fuentes de chatarra son diversas, pero más de la mitad proviene de la elaboración de productos semi-terminados de aluminio. Más de un cuarto se obtuvo de desechos del consumo y el resto provino de fabricantes de aluminio y fundiciones secundarias. Las latas de bebidas son una importante fuente de chatarra. La chatarra vieja también es recuperada de edificios, otras construcciones y vehículos automotores. La recuperación del plomo de baterías actualmente es de cerca de 90%

El uso del litio en las baterías de computadoras portátiles y celulares ha desplazado a tecnologías obsoletas como las baterías de níquel-cadmio, porque causan menos impacto ambiental.

en Estados Unidos, pero la recuperación de otros usos, como blindaje antirradiación, aislamiento de sonido, pesos y munición es mucho menor. La recuperación total de plomo llega casi a 55% del uso. Un alto porcentaje de baterías de ácido de plomo es recolectado y reprocesado, a pesar del valor intrínseco bajo de una batería gastada (en torno a US\$ 2). En países industrializados, la tasa de reciclaje de baterías de ácido de plomo llega a 90%. El plomo secundario actualmente representa 66% del total de plomo utilizado en Estados Unidos (sólo 59%, si se considera la chatarra vieja). La mayoría de cualquier crecimiento futuro en la producción de plomo secundario provendrá de un mayor uso de baterías y mejores tasas de reciclaje en estos países de transición¹⁰.

Recuadro 2 Avances tecnológicos en baterías de litio

Los avances de la tecnología del litio caminan a pasos agigantados. Las empresas Panasonic y Tesla están buscando desarrollar nuevas baterías de Ion-litio, buscando aumentar la autonomía de los coches eléctricos¹. Asimismo, durante el año 2010 la empresa Sanyo ha logrado mejorar la autonomía del automóvil eléctrico, logrando impulsar un automóvil eléctrico por 555,6 kilómetros con una única carga. Superando el anterior record mundial, que pertenecía al Tesla Roadster con 500,8 kilómetros de recorrido en una sola carga².

El principal problema de las baterías de litio es la cantidad de tiempo que toman remarcarse (6-8 horas), sin embargo una compañía japonesa llamada JFE Engineering parece haber encontrado una solución al problema. Ya que han desarrollado un cargador de baterías que carga el 70% de la capacidad total de la batería en sólo 5 minutos. En las pruebas realizadas, se logró realizar un viaje de 80 Km. sin parar tras recargarse durante 5 minutos³. Un adelanto en el que compiten con las baterías creadas por los científicos del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), recargables en 5 minutos, además estas nuevas baterías están construidas con fosfato de litio-hierro, la nueva composición química evita el sobrecalentamiento de la batería⁴ ■

- 1 <http://cocheseco.com/panasonic-y-tesla-desarrollaran-en-conjunto-unas-nuevas-baterias-de-litio-videos-model-s/>
- 2 <http://www.fayerwayer.com/2010/04/sanyo-rompe-el-record-mundial-de-autonomia-en-automoviles-electricos/>
- 3 http://es.engadget.com/2010/07/06/nuevo-cargador-para-vehiculos-electricos-los-devuelve-a-la-vida/?utm_source=feedburner&utm_medium=feed&utm_campaign=Feed%3A+EngadgetSpanish+%28Engadget+Spanish%29
- 4 http://www.nacion.com/In_ee/2009/marzo/18/aldea1807323.html

Sobre la base de escenarios de disponibilidad de cobre (definidos en términos de agotamiento de la reserva física de cuerpos mineralizados de cobre), el experto en ecología industrial Robert Ayres plantea que el reciclaje se convertirá en la principal fuente de cobre en algún momento del siglo XXI. Concluye que 'lo mejor de todo... es que se produciría una transformación evolutiva de los productores primarios de una industria de

extracción, refinación y venta para llegar a ser una verdadera industria de servicios que trate cada uno de los metales como un bien de capital más que un producto primario¹¹. El litio como un bien de capital, es el punto de partida que guiará la reflexión en los siguientes acápite.

1.3 Litio: historia y evolución

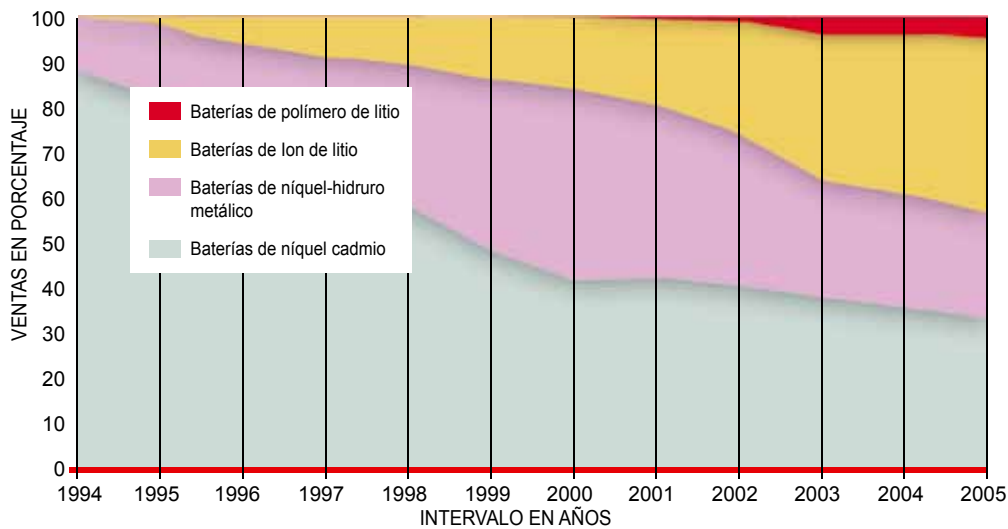
El litio es el más liviano de todos los metales, posee el mayor potencial electroquímico y representa el mayor contenedor de energía, es ideal para la fabricación de baterías, además el litio tiene varios usos adicionales¹².

El litio es un elemento moderadamente abundante y está presente en la corteza terrestre en 65 partes por millón (ppm). Si bien el litio se encuentra presente en

aproximadamente 145 especies mineralógicas, sólo algunas poseen valor económico (espodumeno, lepidolita, petalita, ambligonita y eucryptita). El litio se encuentra también en salmueras de diversos orígenes. Las salmueras con valor económico se encuentran básicamente en salares y lagos salinos. También se encuentra presente en diversas arcillas y en el agua de mar, en concentraciones que bordean las 0,17 ppm¹³.

De acuerdo con el Anuario Minero de Estados Unidos "las propiedades naturales del litio lo convierten en el material más atractivo para baterías. Las baterías de litio poseen un enorme potencial de crecimiento sostenido. A pesar de que todavía quedan por resolver algunas cuestiones, se están desarrollando nuevas tecnologías alrededor del litio. Su uso podría generar un enorme incremento en la demanda⁷. De hecho, si bien no se negocia en los mercados financieros como los demás *commodities*, se calcula que el precio del carbonato de litio, el componente de litio más comercializado en el mundo por volumen, se duplicó durante el año 2009 hasta llegar a valer US\$ 7.000 la tonelada, debido al auge en la demanda para la fabricación de baterías recargables¹⁴.

El uso del litio en las baterías de computadoras portátiles y celulares ha desplazado a tecnologías obsoletas como las baterías de níquel-cadmio. Las celdas de Li-Ion,

Gráfico 1: Crecimiento en el uso del litio en baterías utilizadas en EE.UU.¹⁵

causan menos impacto ambiental que las baterías basadas en cadmio o plomo (Martín, 2010). Esto ha generado una avalancha de estudios de prestigiosas universidades que apuntan a consolidar y mejorar la tecnología de las baterías de litio.

1.3.1 La competencia: alternativas a la tecnología del Litio

Existe una necesidad de prever el tiempo (años/décadas) que demorarán las nuevas tecnologías de baterías en entrar al mercado global. Analizaremos las opciones que plantean la llegada de los coches a: hidrogeno, baterías magnéticas y las baterías de flujo-redox.

Los coches a hidrogeno y su dependencia del litio. El parlamento europeo ha adoptado un informe legislativo de la comisión europea para establecer las pautas que regularán la homologación de tipo de los automóviles propulsados por hidrogeno, clara señal del avance de esta tecnología en el Viejo Continente. El informe estima que los coches de hidrogeno estarán disponibles en el mercado en 2017, y que el hidrogeno para su abastecimiento deberá provenir, en la medida de lo posible, de energías renovables. Asimismo, considera que el uso de mezclas de hidrogeno y gas natural para propulsar vehículos ha de ser una simple tecnología de transición hacia el coche estrictamente de hidrogeno.¹⁶ Los coches a hidrogeno utilizan una batería de litio para almacenar la electricidad que generan. Por lo que no constituyen una competencia directa para los países productores

de baterías de litio, sino un mercado alternativo que permita expandir aún más, la predominancia de la tecnología del litio en el mundo automotriz del futuro.

Las baterías magnéticas. Investigadores de la Universidad de Miami en coordinación con la Universidad de Tokio y Tohoku, han hecho experimentos con una batería que utiliza un spin magnético para cargarse. Este sistema almacenaría energía solo con aplicarle un campo magnético, que luego puede extraerse de la misma manera, convirtiendo este sistema en un espléndido almacén de electricidad.

El dispositivo del experimento apenas tiene el tamaño de un cabello humano y la energía generada ahora mismo apenas fue suficiente para encender un pequeño LED. Sin embargo, se han hecho cálculos que permiten especular que dentro de poco tiempo, ese dispositivo

proporcionará electricidad para mover un coche por varios kilómetros (Ortiz 2009: 1).

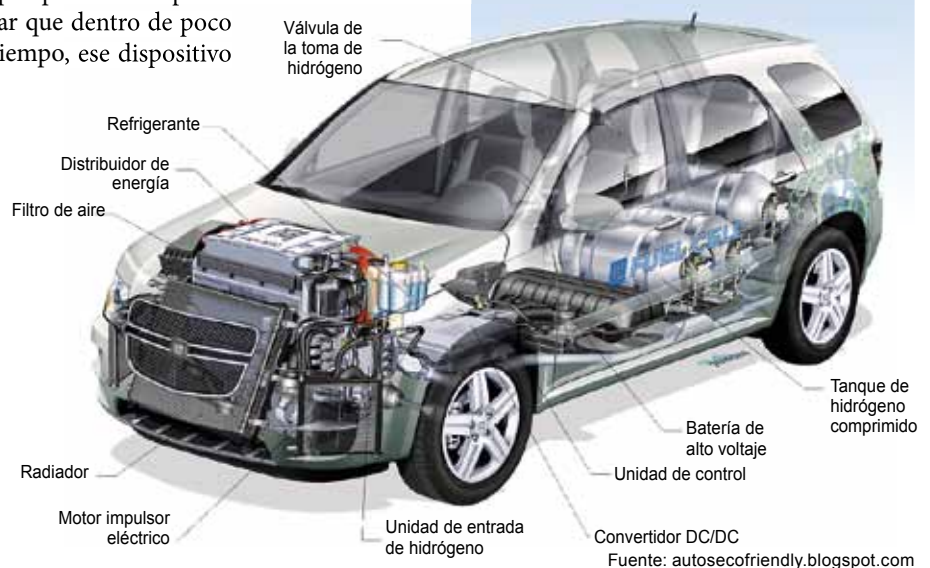
Batería de Flujo Redox. Los investigadores de Fraunhofer Institute for Chemical Technology (ICT) en Pfintzal, Alemania, continúan trabajando y desarrollando la batería de flujo redox. Estas baterías están basadas en un fluido electrolítico que puede ser reemplazado por uno nuevo en pocos minutos. Aunque la autonomía que brinda este tipo de nuevas baterías es aún insuficiente, hay un gran avance respecto a las baterías anteriores, brindando una autonomía cuatro o cinco veces mayor, lo que las coloca cerca a las baterías de litio-Ion. Si se pretendiera usar esta batería en su versión actual, los

vehículos sólo recorrerían 25 Km. antes de recargar nuevamente.

Las baterías de flujo redox teóricamente ofrecen muchas ventajas: alta eficiencia, larga vida, bajos costos de mantenimiento y tolerancia a la sobrecarga y descarga de electricidad. La diferencia principal respecto a las baterías de litio-ion es la velocidad de recarga (Serrano y Dufour, 2009).

Especialistas afirman que estas nuevas tecnologías tomarán de 30 a 40 años para convertirse en un producto que ingresa

Tecnología de hidrógeno en automóviles



Fuente: autosecofriendly.blogspot.com

▷ al mercado de las baterías¹⁷. Eso deja a las baterías de litio como el estándar tecnológico, como mínimo, por las próximas tres décadas. Espacio donde la demanda se disparará por la anunciada irrupción de los coches eléctricos.

2. La oferta: países y empresas productoras de litio

Según el New York Times actualmente existen 60 compañías mineras transnacionales que están estudiando nuevas explotaciones de litio en lugares tan disímiles como Argentina, Serbia, China, México¹⁸ y Finlandia. Estos proyectos realizarán más de mil millones de dólares de inversión directa¹⁹.

2.1 Principales reservas de litio en el mundo

Las principales reservas globales de litio se encuentran en los salares que forman el llamado “triángulo del litio” conformado por los salares de: Uyuni en Bolivia, Atacama en Chile y del Hombre Muerto en Argentina. Existen reservas menores en países como Estados Unidos, China y Australia, aunque al tratarse de litio extraído de minerales su costo de extracción no es competitivo.

Pasamos a analizar en detalle la situación de las reservas y el desarrollo de la industria del litio en Bolivia contemporáneamente.

Cuadro 1: Principales reservas de litio en el mundo (En toneladas)

PAÍSES	Pegmatitas	Salmueras	Salmueras geotermales y pozos petrolíferos	Arcillas (Hectorita)	Jadarita	TOTAL Reservas
Bolivia		100.000.000				100.000.000
Chile		6.900.000				6.900.000
Argentina		2.550.000				2.550.000
EEUU	2.830.000	40.000	1.750.000	2.000.000		6.620.000
Canada	255.600					255.600
Zimbawe	56.700					56.700
Zaire	2.300.000					2.300.000
Australia	262.800					262.800
Austria	100.000					100.000
Finlandia	14.000					14.000
Rusia	1.000.000					1.000.000
Serbia					850.000	850.000
Brazil	85.000					85.000
China	750.000	2.640.000				3.390.000
TOTAL	7.654.100	112.130.000	1.750.000	2.000.000	850.000	124.384.100

Fuente: www.evaporiticosbolivia.org y Lagos (2009) con datos de de Evans, R. (2008)

2.1.1 Bolivia

Existe un consenso mundial al nombrar a Bolivia como dueña de la mayor reserva de Litio en el mundo²⁰. Estas reservas se concentran en el salar de Uyuni (10.000 km²) y el Salar de Coipasa (3.000 km²)²¹. A pesar de este consenso existe una batalla mediática donde otros países buscan qui-

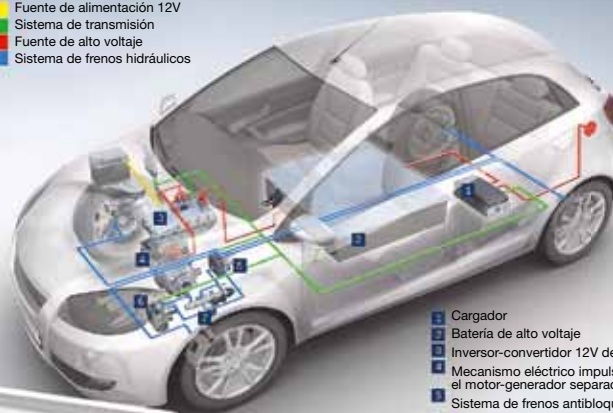
tarle protagonismo a Bolivia, afirmando poseer las mayores reservas de Litio en el mundo y tiene una importancia estratégica para Bolivia como para sus vecinos del sur²².

Las reservas del Salar de Uyuni tienen una concentración variable de acuerdo a la siguiente zonificación²³:

La batería para la propulsión del futuro



- Fuente de alimentación 12V
- Sistema de transmisión
- Fuente de alto voltaje
- Sistema de frenos hidráulicos



- 1 Cargador
- 2 Batería de alto voltaje
- 3 Inversor-conversor 12V de DC/DC
- 4 Mecanismo eléctrico impulsor con el motor-generador separado
- 5 Sistema de frenos antibloqueo
- 6 Sistema de frenos cooperativo con el módulo hidráulico

Actualmente el criterio de producción es que la batería dure tanto como el automóvil.

El desarrollo y la mejora de la batería de iones de litio se ha concentrado, básicamente, en cinco puntos: costes, densidad energética y de potencia (autonomía), seguridad y vida útil.

Área 2. Suroeste: 1000-2500 mg/l
(sup. 900 km²)

Área 1. Centro sur: 500-1000 mg/l
(sup. 3200 km²)

Área 0. Oeste norte: < 500 mg/l
(sup. 5500 km²)

Los últimos estudios realizados por COMIBOL, con la perforación de más de 50 pozos en el salar de Uyuni (Potosí) parecen confirmar que posee entre 18 y 20 millones de toneladas de litio metálico, el doble de las estimaciones del Servicio Geológico de EEUU. Incluso, la Dirección Nacional de Recursos Evaporíticos de Bolivia estima que el salar podría albergar más de 100 millones de toneladas del mineral, más que el triple de las reservas existentes a nivel mundial²⁴.

Uno de los obstáculos para la explotación en el Salar de Uyuni es el alto contenido de magnesio²⁵ del litio. Se tendría una proporción de más de dieciocho unidades de magnesio por una unidad de litio. Sin embargo, este problema podría ser más bien una ventaja, por cuanto el magnesio es altamente cotizado en la producción de aleaciones livianas con litio y aluminio, muy útiles en la era de los vehículos eléctricos porque uno de los problemas de estos medios de transporte es el peso de la batería²⁶. Además el magnesio se cotiza a nivel internacional con un valor medio de 2.000 \$. la tonelada métrica. (Véase gráfico 2).

No obstante, la mayor reserva mundial de litio se encuentra en los océanos y la baja concentración del mineral, hace poco rentable la explotación.

Gráfico 2: **Evolución del precio del Magnesio en el Free Market de China**²⁷



2.1.2 Chile

La explotación chilena del litio ha revolucionado su mercado desde la entrada de la SQM (la mayor exportadora de litio del mundo) al mercado en 1997. Antes, la mayoría de la producción de carbonato de litio provenía desde minerales, particularmente del espodumeno. Los mayores costos de producción de carbonato de litio a partir de este último, llevó a que esta producción provenga fundamentalmente de salmueras. En 1995 las fuentes para la producción de químicos de litio eran en 65% minerales y el 35% restante de salmueras. En el 2007, el 86% de la producción de químicos de litio provenía de salmueras.

El salar de Atacama a 2.300 m.s.n.m. , tiene una superficie de alrededor de 3.000 kms². La recarga de aguas salobres y la continua evaporación por las condiciones climáticas de extrema aridez, generó un cuerpo salino central llamado núcleo, de aproximadamente 1.400 kms². En términos absolutos, el Salar de Atacama es el segundo en tamaño de depósitos de Litio después del Salar de Uyuni, pero presenta una notable ventaja económica en la recuperación de los contenidos de litio. Se estima que el Salar de Atacama contiene un total de 6.900.000 toneladas de Litio.

2.1.3 Argentina

La principal reserva argentina es el Salar del Hombre Muerto que está ubicado en la Provincia de Catamarca. En 1995, Foot Mineral Corporation (FMC) negoció los derechos de explotación del Salar, la producción de Litio comenzó en 1997-1998. Las reservas probables se estiman en 850.000 toneladas de Litio que se estima que alcanzarán para al menos 75 años a la tasa actual de extracción de 5.000 toneladas/año de litio metálico (Lagos, 2009).

Actualmente la firma Toyota ha realizado importantes inversiones para garantizar su control sobre el litio argentino. Según el periódico La Nación: "La inversión está valorada en entre US\$100 millones y US\$120 millones, según fuentes cercanas. Toyota Tsusho [subsidiaria de Toyota] pagará por un estudio de viabilidad este año en un proyecto de litio en el norte de Argentina operado por Orocobre Ltd., que cotiza en Australia, y se quedará con una participación de 25% del proyecto resultante"²⁸

Las reservas de litio de Afganistán serían comparables a las de Bolivia. No obstante, algunas zonas ricas en este metal se encuentran controladas por la insurgencia

2.1.4 Afganistán - Estados Unidos

Según un estudio de geólogos de Estados Unidos, Afganistán tiene casi un billón de dólares (mil millones, para los norteamericanos) en reservas minerales sin explotar, según publicó el New York Times, incluyendo mapas geológicos de los años 80' elaborados por sus colegas soviéticos. Según el periódico estadounidense, estos mapas fueron escondidos por geólogos afganos durante la guerra civil (1992-1996) y el régimen de los talibanes (1996-2001).

Las reservas de litio de Afganistán serían comparables a las de Bolivia. No obstante, el portavoz del Departamento de Estado, Philip Crowley, apuntaba (en el mismo artículo) que "la extracción de minerales enfrenta muchos desafíos", pese a que algunas zonas con ricas en litio se encuentran controladas por la insurgencia²⁹. A pesar de ello, ya se ha originado una competencia entre capitales chinos y norteamericanos por controlar los nuevos depósitos de litio³⁰. De hecho varios *Think Tanks* han llamado la atención en este punto afirmando que mientras Estados Unidos realiza la agresión imperialista son otros, en este caso los chinos, los que se llevan la mayoría de los réditos económicos.

El principal problema de las reservas de litio afganas son sus altos costos de producción debido a que debe explotar del litio a partir de minerales y no de salmueras. ▷

▷ Por ejemplo (véase el gráfico 3) actualmente los costos de producción en dólares americanos por kilo de litio señalan a la explotación de litio a partir de minerales en Norteamérica como la más costosa en comparación frente a la explotación de las salmueras del *Triángulo del Litio*.

2.1.5 La previsible competencia de las plantas desalinizadoras de agua

El litio se puede extraer de fuentes de agua geotermales y del océano. El diario *Korea Times* anuncia la pronta producción de Litio a partir del océano con una inversión superior a los 12 millones de dólares³². Aunque existen estudios que demuestran que extraer litio del océano es cinco veces más costoso que la extracción de salmueras, los coreanos afirman que su tecnología es 30% más eficiente³³.

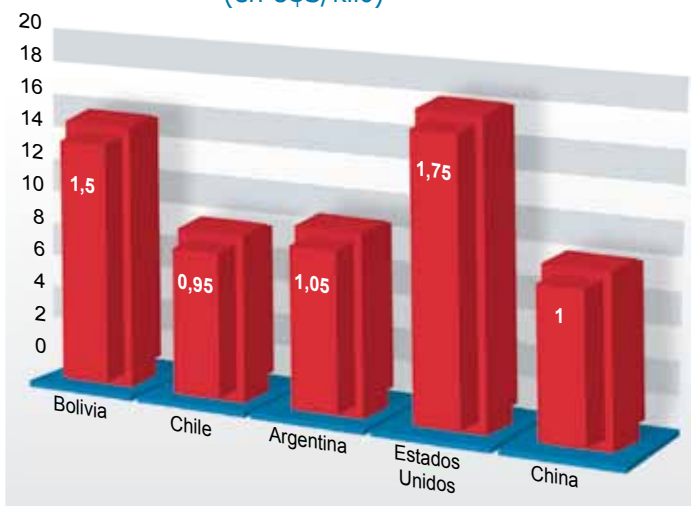
Sin embargo, la verdadera competencia vendrá de las plantas desalinizadoras que con una pequeña adaptación tecnológica a sus procesos productivos se podrán convertir en agentes desequilibrantes del mercado del litio.

Debido a la creciente crisis global en el abastecimiento de agua dulce, algunos países como Israel, Singapur y Australia están construyendo gigantescas plantas desali-

El uso del litio en las baterías de computadoras portátiles y celulares ha desplazado a tecnologías obsoletas como las baterías de níquel-cadmio, porque causan menos impacto ambiental.

nizadoras. Estas plantas lidian con su alto consumo energético y la generación de residuos compuestos por sales y metales pesados fruto del proceso de producción de agua dulce a partir del agua oceánica (Barlow 2009: 36). Sin embargo esto que hoy es visto como un problema, como los residuos sólidos urbanos hace 50 años, se podría convertir en una oportunidad

Gráfico 3: **Costos de producción por país** (en U\$S/kilo)³¹



para los países con plantas desalinizadoras. Esta oportunidad no es otra que la modificación parcial del proceso de desalinización para la extracción del litio del mar.

Las inversiones en plantas de desalinización son gigantescas. Arabia Saudita planea invertir 80 billones de dólares en las próximas dos décadas; Dubai invertirá 100 billones de dólares en tecnologías de desalinización (Barlow 2009: 37). La planta desalinizadora más grande del mundo está ubicada

en Ashkelon, Israel, y provee 165.000 metros cúbicos de agua por día. Otra planta idéntica está en planificación y

cuando se complete, doblará la cantidad de agua producida por desalinización; uno de los elementos del Plan Maestro de Israel para sobreponerse al problema de la falta de agua.³⁴

Existen 87 empresas de desalinización a nivel mundial y esta cantidad aumenta

constantemente. *Global Water Intelligence* proyecta que la industria global de desalinización se triplicará para el año 2015, esta expansión supone cerca de 60 billones de dólares en inversiones de capital durante los próximos años (Barlow 2009: 36-37, 87).

Incluso en el vecino Chile se ha patentado una tecnología titulada "Procedimien-

to para la recuperación simple y económica de los metales y las sales, tales como el cloruro de litio, a partir de las aguas naturales salobres, mediante la aplicación de evaporación solar sin un procedimiento posterior en una planta química"³⁵. Estas proyecciones muestran un constante crecimiento de la competencia en el mercado del litio, competencia que se estima puede llegar a su pico en el año 2050.

Las previsiones se realizan de manera temeraria, es cierto, pero dada la poca diversificación de los productores actuales, como se verá a continuación, hay que generar espacios de "futurología" que permitan a Bolivia, adelantarse a los hechos y no llegar a los nueve días de difunta la oportunidad histórica.

2.2 Principales productores de litio

Tan solo tres empresas concentran prácticamente el 77% de la producción mundial de litio. La mayor participación de mercado la tiene SQM con un 30% del mercado, a partir de su producción en las plantas del Salar de Atacama; Chemetall, la segunda compañía en tamaño, tiene una participación de mercado de un 28%, a partir de plantas en



Foto: tarijalibre.tarijaindustrial.com

Gráfico 4: **Estimado de la producción de litio en Chile**³⁷



el Salar de Atacama (SCL) y Silver Peak en Nevada (Estados Unidos); FMC Corporation, con operaciones en el Salar del Hombre Muerto en Argentina, es la tercera compañía en importancia a nivel mundial, y representa el 19% del mercado. Por otra parte, Talison Minerals –el único productor de mineral de litio en Australia– es el líder mundial en la producción de concentrados de litio a partir de minerales, el que es exportado a China para la producción de carbonato de litio y sus derivados³⁶.

Chile domina el mercado mundial del litio. Un país que a pesar de haber declarado al mineral blanco como estratégico está preocupado por la avalancha de inversión extranjera que toca las puertas del Estado Plurinacional de Bolivia.

En Chile, solo dos compañías producen litio: SQM y SCL (Chemetall). Ambas representaron aproximadamente el 58% de la producción mundial de carbonato de litio en 2008. Sólo SQM posee el 37% de este mercado mundial. SCL comenzó la producción de carbonato de litio desde sus recursos en 1984 con una capacidad de producción de 13.000 toneladas anuales. SQM comenzó su producción en 1996 con una capacidad de producción de 18.000 toneladas anuales. Se estima que el total de carbonato de litio equivalente (LCE) producido en el Salar de Atacama a la fecha es del orden de las 500.000 toneladas, lo que representa cerca de 100.000 toneladas de litio metálico.

La planta de SQM para la producción de carbonato de litio, ubicada en el salar

del Carmen, cerca de Antofagasta, tenía una capacidad inicial de producción de 28.000 toneladas por año de carbonato de litio. Actualmente está en condiciones de producir 40.000 toneladas anuales de carbonato de litio (Lagos, 2009).

La explotación del Salar de Atacama está sujeta al cobro de una serie de impuestos específicos y com-

promisos con el estado chileno. Las exportaciones de productos de litio (carbonato, cloruro, hidróxido) de SQM y SCL en el 2008, ascendieron a U\$S 263 millones, lo que representa un incremento de un 20% con respecto al 2007 y de un 87% con respecto a 2006. En 2008 por concepto de royalties la explotación del Salar de Atacama, SQM aportó el 93% aproximadamente, con U\$S 19,5 millones; SCL por su parte, con U\$S 1,5 millones aportó el 7% restante³⁸.

A pesar de la importancia actual de la producción chilena de litio, las reservas chilenas como afirma Lagos, no están atrayendo a nueva inversión de exploración y/o explotación de litio. Porque las salmueras son objetos fácilmente cuantificables y es difícil para el Salar de Atacama competir con el Salar de Uyuni, principal foco de atención para el capital trasnacional; un capital que no le importa si el litio es boliviano, chileno o argentino, porque está esperando que esta materia prima ingrese al mercado internacional para controlarlo a través del reciclaje, lo cual se desarrolla seguidamente.

3. Reciclaje y geopolítica del litio a nivel global

Mientras los países del triángulo del litio, especialmente Chile y Argentina, buscan incrementar la producción de carbonato de litio y sus derivados, en el hemisferio norte las empresas norteamericanas

y japonesas se preparan para generar un *buffer stock virtual* de litio a través del litio, mineral que puede ser reciclado en innumerables ciclos. De ahí la importancia de no vender litio como materia prima, sino como un producto de valor agregado: baterías que se construyen y reciclan en el cono sur de Sudamérica. Bolivia debe liderar este emprendimiento en el seno de organismos de integración regional como UNASUR.

3.1. La geopolítica del reciclaje de litio norteamericana

El Departamento de Energía de los EE.UU., le ha otorgado 9,5 millones de dólares a la compañía Toxco, de California que planifica construir la primera planta de EE.UU., para el reciclaje de baterías de iones de litio de vehículos eléctricos. Toxco³⁹, con base en la ciudad de Anaheim, utilizará los fondos para expandir unas instalaciones existentes en Lancaster, Ohio (EE.UU.), que actualmente reciclan baterías de ácido, plomo y de hidruros de níquel usadas en vehículos híbridos eléctricos.

La ayuda otorgada por el DOE a Toxco puede parecer escasa —la semana pasada el DOE otorgó un total de 2.400 millones de dólares a compañías que desarrollan baterías y sistemas para vehículos eléctricos—

El fabricante de coches eléctricos Tesla Motors, al igual que la mayoría de los principales fabricantes, ya envía paquetes de baterías viejas o defectuosas a las instalaciones de Toxco en Trail para su reciclaje.

pero lo cierto es que el proyecto se encuentra aún en su fase temprana.

Actualmente hay poca necesidad económica de reciclar baterías de iones de litio. Muchas baterías contienen sólo pequeñas cantidades, en peso, de carbonato de litio y el material es relativamente barato comparado con la mayoría de los metales restantes. Pero algunos expertos consideran que tener infraestructura para el reciclaje apaciguará “algunas preocupaciones que, en caso adoptar vehículos que usen baterías de iones de litio, alertan sobre la escasez del carbonato de litio y la dependencia de países como Bolivia, quien controla el grueso de las reservas globales de litio⁴⁰.”

▷ Toxco tiene cierta ventaja sobre aquellas compañías nuevas en el mercado. La compañía ya es líder en el reciclaje de baterías en Norte América y recicla pequeñas baterías de litio desde la década de los noventa, pero los nuevos compuestos utilizados y el próximo aluvión de baterías para los coches eléctricos e híbridos enchufables requerirá que la empresa redirija sus esfuerzos hacia estas baterías⁴¹. Así, Toxco viene reciclando baterías de litio de carga sencilla y recargables usadas en los artefactos electrónicos y en aplicaciones industriales desde 1992 en sus instalaciones canadienses en Trail, Columbia Británica.

Las instalaciones en Trail son también las únicas en el mundo que pueden manejar diferentes tamaños y químicas de baterías de litio. Cuando las baterías viejas llegan son molidas y trituradas, permitiendo que el aluminio, cobre y acero sean separados fácilmente. Las baterías más grandes que aún pudieran contener cargas eléctricas son congeladas criogénicamente con nitrógeno líquido antes de ser trituradas a 325 grados Fahrenheit, la reactividad de las celdas se reduce a cero. El litio es entonces extraído inundando las cámaras de la batería en un baño cáustico que disuelve las sales de litio, que son filtradas y usadas para producir carbonato de litio. El lodo remanente es procesado para recuperar el cobalto, que es usado para hacer los electrodos de la batería. Alrededor de un 95 % del proceso es automatizado.

El fabricante de coches eléctricos Tesla Motors, al igual que la mayoría de los principales fabricantes, ya envía paquetes de baterías viejas o defectuosas a las instalaciones de Toxco en Trail para su reciclaje. La ecuación económica del reciclaje depende mayormente de la química utilizada en las baterías de iones de litio, debido a que el litio es actualmente uno de los metales de menor valor. Por ejemplo, el litio en un paquete de baterías del Tesla Roadster representaría alrededor de \$140 de un sistema cuyo coste de reemplazo es de \$36.000. Para muchas baterías de iones de litio, el litio representa menos de un 3 % de los costes de producción⁴². La parte del litio es realmente un costo despreciable comparado con otros metales como el níquel, y el cobalto, que van a ser los grandes impulsores del reciclaje. Actualmente Tesla hace dinero reciclando solamente los otros componentes reciclables (sin litio) de sus

baterías. Así que mientras hemos estado leyendo artículos sobre cómo la industria se quedará sin litio, hemos perdido totalmente el punto importante del asunto: **aún existe mucho litio.**

Los estimados varían, pero el cobalto se vende por alrededor de 20 dólares por libra, comparado con 3 dólares por libra de carbonato de litio. El cobalto, un subproducto de la minería de níquel y cobre, es también escaso y la mitad de las reservas mundiales provienen de la República Democrática del Congo, una región políticamente inestable.

En el largo plazo, algunos observadores creen que la introducción en masa de los vehículos eléctricos e híbridos, combinada con el hecho de que muchas de las reservas de litio se encuentran en países extranjeros y potencialmente no amistosos, puede lle-

var a un gran ascenso en el precio del carbonato de litio.

“Ahora mismo el reciclaje de litio apenas paga, pero si la demanda aumenta y existen grandes oferentes de material usado, la situación puede cambiar,” afirma Linda Gaines, una investigadora del Centro de Investigación y Desarrollo en Tecnología del Transporte del Laboratorio Nacional de Argonne. Ella supervisa un proyecto de cuatro años en Argonne que evaluará la demanda de materiales de las baterías de iones de litio y la infraestructura para el reciclaje a largo plazo. Gaines dice que la investigación hasta el momento demuestra que la demanda puede ser cubierta hasta el 2050, aún si las ventas de los vehículos crecen dramáticamente. El reciclaje va a ser crucial para ayudar a los EE.UU. a ser menos dependiente de las fuentes extranjeras de litio (Hamilton 2009: 1-2).

Recuadro 3 Estrategia China de crecimiento económico

Como la mayoría de las anteriores potencias mundiales, China ha buscado —en su caso con éxito y sin recurrir a la fuerza y la conquista— sentar las bases de un imperio económico sostenible. La estrategia incluye una compleja mezcla de elementos internos y externos:

- 1 inversiones extranjeras para garantizar los recursos estratégicos, especialmente energía, metales y alimentos [40];
- 2 alto nivel de inversión nacional en el desarrollo de la capacidad industrial, con la introducción de tecnologías avanzadas para mejorar el valor añadido y reducir la dependencia de las importaciones de piezas fabricadas; niveles altos y sostenidos de inversión necesarios para mantener la competitividad de las exportaciones;
- 3 gran impulso para mejorar la educación de la fuerza de trabajo y lograr la supremacía industrial, en particular ingenieros, científicos y gerentes industriales en lugar de especuladores en bolsa, bancos de inversión y abogados; sin embargo, los esfuerzos de China por modernizar su fuerza de trabajo no tendrán éxito a menos que reconozca e integre los 200 ó 300 millones de trabajadores migrantes, cuyos hijos están actualmente excluidos de la educación superior pública en las grandes metrópolis [41];
- 4 inversiones multimillonarias en infraestructuras: docenas de nuevos aeropuertos, ferrocarriles de alta velocidad y vías fluviales mejoradas que unan las regiones costeras con el interior, potenciando el crecimiento dinámico de la industria, con el resultado de una menor migración a los centros fabriles establecidos en la costa, que en algunos casos provoca escasez de mano de obra, lo que a su vez ha dado lugar a un aumento significativo de los niveles salariales y menores desequilibrios geográficos entre los antiguos polos de desarrollo y los nuevos;
- 5 a medida que la mano de obra cualificada comienza a sustituir la mano de obra no cualificada y que un crecimiento dinámico avanza la escala de producción hacia productos de mayor valor añadido, también lo hacen los niveles salariales y la conciencia social, lo que lleva a la presión por disminuir las abiertas desigualdades de clase;
- 6 como resultado de las presiones de clase por la base, con más de 100.000 protestas, huelgas y manifestaciones anuales, el Gobierno ha procedido lentamente a reducir las tensiones de clase, en parte, con inversiones en bienestar social y un mayor gasto social. China está pasando de comprar bonos del Tesoro de EE.UU. a invertir en subvenciones a la salud pública y la educación en las zonas rurales; al volver a prestar atención al desarrollo social, en lugar de confiar en un mercado que ha demostrado ser muy ineficiente, el Estado chino está mejorando la mano de obra rural con vistas a prepararla para procesos de producción modernos ■

Fuente: Petras (2010:16) en bibliografía.

3.2 La estrategia japonesa de reciclaje de litio

La multinacional japonesa Sanyo, apuesta fuerte por el sector de las baterías para coches eléctricos e híbridos enchufables, con la puesta en marcha de una nueva factoría para el año 2012 como parte de su plan de inversiones en este sector cifrado en unos 1.500 millones de euros. El objetivo es hacerse con el 40% del mercado para el año 2020.

Además de vehículos eléctricos, desde su factoría en la prefectura de Hyogo, Sanyo fabricará celdas solares y baterías para teléfonos móviles y portátiles, lo que muestra la importancia de estas inversiones en el futuro.⁴³

Nissan y Sumitomo Corp., hicieron un acuerdo para el reciclado de baterías de coches eléctricos para el año 2020, esperan cubrir las necesidades de unos 50.000 coches por año como mínimo, en Japón.

Nissan se ha comprometido a introducir vehículos eléctricos en el mercado de forma masiva para el año fiscal 2012. Dado que los consumidores cada vez escogen más los coches de emisiones cero, se espera que la demanda de baterías reutilizadas crezca a la vez que crece el suministro de baterías reutilizables de coches eléctricos. Incluso después del final del ciclo vital de un vehículo, las baterías de iones de litio de alto rendimiento que utiliza Nissan retienen entre un 70% y un 80% de su capacidad residual y se podrán reutilizar y revender a varias industrias para almacenar energía⁴⁴.

Los pasos principales en los que se basa esta asociación de Nissan y Sumitomo serán:

Reutilizar: iniciar el uso de baterías reutilizadas con aproximadamente el 70%-80% de capacidad.

Revender: revender las baterías para varias aplicaciones.

Refabricar: desmontar el paquete de baterías y volver a montarlo y adaptarlo para que cumpla los requisitos del cliente.

Reciclar: implementar el reciclaje al final del ciclo vital para rescatar las materias primas.

Esta claro que los principales países consumidores de litio (Estados Unidos, Japón, China) tienen en claro que el litio es un mineral que abunda libre en los millones de baterías de celulares y computadoras que pululan libres por el mundo. Además con la avalancha de autos eléctricos e híbridos

este mercado se disparará. Por ello una vez más en la historia global, no son los productores primarios de litio los que se beneficiaran del negocio a largo plazo, sino los países industrializados que concientemente se preparen para el reciclaje. Las políticas públicas bolivianas tienen, por ello, que estar un paso por delante del futuro del litio en el capitalismo mundial.

3.3 Reciclar el litio es controlarlo

Según las últimas cifras del Departamento Geológico de Estados Unidos (USGS por sus siglas en inglés), los productores actuales ofrecen litio suficiente para abastecer al número proyectado de vehículos eléctricos para los próximos 10 años. Después de eso, el reciclaje del litio de las baterías suplirá la demanda. Hoy, reciclar el litio de baterías pequeñas no es rentable. Los productores están extrayendo demasiado litio para la demanda que hay, y el consumo de litio en automóviles eléctricos es ínfimo.

Las baterías de litio para los coches eléctricos necesitan menos de 15 kilogramos por batería (Renault-Nissan afirma que sólo utiliza 4 kilogramos). El litio no es un combustible como el petróleo; como no cambia químicamente mientras “genera” energía, puede ser reciclado una y otra vez. Habrá más empresas que reciclen el litio. Esto implicará que no sólo se reciclen baterías de coches eléctricos por su litio sino además por otros materiales más valiosos, como el cobalto. Esto podría implicar que, quien tenga el poder de la industria del litio en el futuro, será la compañía con la mejor tecnología de reciclaje. Según un informe del Laboratorio Nacional Argonne, en Chicago, el litio virgen no dominará el mercado en 2040, porque para entonces, el reciclaje será más barato. Cuando el automóvil eléctrico se generalice, la carrera por el reciclaje también continuará⁴⁵.

4. Bolivia: productora y recicladora de baterías de litio para el mundo

En Chile se está evaluando darle mayor valor agregado al litio produciendo baterías⁴⁶. Está claro que la lista de empresas transnacionales que pueden lidiar con la tecnología necesaria para la producción

masiva de baterías de litio y con influencia global es reducida y que la mayoría de ellas está interesada en el litio boliviano. Queda en manos del gobierno convertir a las ciudades de Uyuni – Oruro – El Alto en los principales centros de producción y reciclaje de baterías de litio en el mundo. Para realizar tamaña hazaña es necesario que se recupere y evalúe el ejemplo Chino (la economía de más rápido crecimiento en el globo) de relación entre Estado y empresas transnacionales.

4.1 El ejemplo Chino de relación contractual con el capital transnacional

Nadie puede negar que la economía china sea la principal candidata a convertirse en la potencia global dominante.

En contraste con las potencias imperiales del pasado y de EE.UU. en la actualidad, China, como nueva potencia emergente, subordinó los bancos a la financiación de la industria manufacturera, en particular los sectores de exportación. A diferencia de aquéllas, China renunció a un gran gasto militar de grandes bases en el extranjero, guerras coloniales y costosas ocupaciones militares. (Petras 2010: 4)

Ante los primeros signos del potencial de China como competidor global,

El Laboratorio Nacional Argonne de Chicago sostiene que el litio virgen no dominará el mercado en 2040; para entonces, el reciclaje será más barato.

Washington promovió una estrategia económica liberal con la esperanza de crear una relación de dependencia. Posteriormente, cuando se vio que la liberalización no conducía a la dependencia, sino que más bien favorecía un crecimiento acelerado de China, Washington recurrió a políticas más punitivas.

Durante los años ochenta y noventa, Washington alentó a China a ejercer una política de puertas abiertas a las corporaciones transnacionales de EE.UU. y a proporcionar los incentivos fiscales que alentasen a éstas a «colonizar» sectores estratégicos de crecimiento de China. Washington promovió con éxito la entrada de China en la Organización Mundial del Comercio (OMC), con la idea de que el libre comercio jugaría ▷

▷ a favor de sus transnacionales en la captura de los mercados chinos. La estrategia fracasó: **China sujetó las transnacionales a su propia estrategia exportadora y se hizo con los mercados de EE.UU.; obligó a las transnacionales a integrarse en empresas mixtas** (Énfasis nuestro), que aceleraron la transferencia de tecnología y propiciaron el aprendizaje industrial de China de desarrollo de su propia capacidad productiva.

El acuerdo de la OMC minó las barreras estadounidenses al comercio y facilitó el flujo de capitales estadounidenses a los sectores productivos chinos, al tiempo que erosionaba la base productiva de EE.UU. y socavaba su competitividad. Con el tiempo las empresas chinas, estatales y privadas, superaron en parte su dependencia, y asumieron un mayor control de las empresas mixtas, a la vez que desarrollaban sus propios centros de innovación, marketing y finanzas. La estrategia liberal de crear una relación de dependencia fracasó -afirma Petras- fue China quien acumuló un superávit comercial y, posteriormente, asumió el papel de acreedor, a la vez que EE.UU. se convertía en un estado deudor.

Los chinos sacrificaron unos beneficios extraordinarios a corto plazo para conseguir el objetivo a largo plazo de ganar mercados, conseguir know-how y proceder a la ampliación y profundización de nuevas líneas productivas a través de la transferencia de tecnología. La liberalización favoreció el auge de las exportaciones chinas de mercancías, mientras que la economía ganó en autonomía, con la mejora del ciclo del producto.

Washington ha impuesto medidas proteccionistas, contrarias a las directrices de la OMC, en forma de aranceles a las exportaciones chinas de acero y neumáticos, y el Congreso estadounidense ha amenazado con imponer un arancel general del 40% a todas las exportaciones chinas a EE.UU., lo que constituye una llamada a la guerra comercial. Estados Unidos ha bloqueado varias grandes inversiones chinas y también algunas adquisiciones de compañías petroleras, empresas tecnológicas y otras. **En cambio, China ha permitido que las transnacionales estadounidenses invirtieran decenas de miles de millones y que subcontrataran en los más diversos**

sectores de la economía china (Énfasis nuestro)(Petras 2010: 11). Como potencia mundial en ascenso, China confía en que su dinámica economía vincule las transnacionales a su continuo crecimiento. Por contra, Estados Unidos en una posición constantemente deteriorada, teme cualquier aceleración de las adquisiciones chinas, un temor nacido de la debilidad económica, que tipifica y disfraza con la retórica de que China constituye una amenaza a su seguridad nacional (Petras 2010: 12).

En resumen, los pilares del dinámico impulso de China como potencia mundial descansan en el reequilibrio de la economía, la modernización de su base productiva, la expansión de su mercado interno, la búsqueda de crecimiento con estabilidad social y el aumento máximo de su acceso a materiales estratégicos esenciales para la producción (Petras 2010:16).

En síntesis, y para finalizar, el reciclaje de baterías de litio debe ser considerado como una componente esencial de los planes estratégicos del Estado Plurinacional si lo que se busca es generar la mayor cantidad de empleos posibles⁴⁷ ■

BIBLIOGRAFÍA:

Barlow, Maude (2009). **El convenio azul. La crisis global del agua y la batalla futura por el derecho al agua.** [Trad. Magali Meneeses]. Chile: Chile Sustentable-The Council of Canadians-Heinrich Boll Stiftung Cono Sur.

Cardona, Ricardo Angel (2010) "Esaño metálico debe ser adquirido por el Banco Central" En: <http://alainet.org/active/19616&lang=es>

Galeano, Eduardo (1971). **Las venas abiertas de América Latina.** Montevideo: Editorial Catálogos

Hamilton, Tyler (2009) "El reciclaje de baterías de litio obtiene impulso" (12/08/2009). http://www.technologyreview.com/es/read_article.aspx?id=698&pg=1

Hollender, Rebecca y Shultz, Jim (2010) "Bolivia y su litio. ¿Puede el 'oro del siglo XXI' ayudar a una nación a salir de la pobreza?". pp. 58. Cochabamba: Centro para la Democracia.

IIED – WBSD (2002). **Minería, minerales y desarrollo sustentable.** (Mining, minerals and sustainable development project) Reino Unido: Earthscan. <http://www.iied.org/pubs/pdfs/9287IIED.pdf>

Lagos, Camilo (2009). "Antecedentes para una política pública en minerales estratégicos: Litio". Santiago: Comisión Chilena del Cobre.

Martín, Gustavo (2010). "Baterías de Litio-Ion. Motivación, introducción, historia". Buenos Aires. http://www.unicrom.com/art_Baterias-LitioIon.asp

Orellana Rocha, Walter (1995). "El litio una perspectiva fallida para Bolivia". Resumen de tesis de maestría. Santiago: Universidad de Chile.

Ortiz, Kir (2009) "Batería magnética revolucionaria". 17 de marzo. <http://www.neoteo.com/bateria-magnetica-revolucionaria-15158.neo>

Petras, James (2010). "El conflicto entre China y EEUU se recrudece". (11 de mayo 2010) <http://www.voltairenet.org/article165376.html>

Serrano, David y Dufour, Javier (2009) "Baterías De Flujo Redox: Una Alternativa De Carga Rápida". <http://www.madrimasd.org/blogs/energiasalternativas/2009/11/25/129223>

Tahbub, Marwan (2009) "Bolivia: Nuestro litio nuestro gobierno y las transnacionales que no son nuestras" *Petropress* 30/09/2009

Querejazu Calvo, Roberto (1977). **Llallagua: historia de una montaña.** La Paz: Los Editorial Los Amigos del Libro.

Wilburn, David (2008). **Material Use in the United States— Selected Case Studies for Cadmium, Cobalt, Lithium, and Nickel in Rechargeable Batteries.** Scientific Investigations Report 2008–5141. Virginia: U.S. Department of the Interior- U.S. Geological Survey.

Wright, Lawrence (2010). "Lithium Dreams. Can Bolivia become the Saudi Arabia of the electric-car era?". Published March 22. http://www.newyorker.com/reporting/2010/03/22/100322fa_fact_wright?currentPage=all

REFERENCIAS:

- Véase http://www.elpotosi.net/noticias/2010/0209/noticias.php?nota=09_02_10_opin2.php Sobre las perspectivas económicas del potasio véase, sobre la situación chilena: <http://descontamina.cl/blog/?p=1259>
- "El envase de hojalata no es solamente un símbolo pop de los Estados Unidos: es también un símbolo, aunque no se sepa, de la silicosis en las minas de Siglo XX o Huanuni: la hojalata contiene estaño y los mineros bolivianos mueren con los pulmones podridos para que el mundo pueda consumir estaño barato. Media docena de hombres fija su precio mundial. ¿Qué significa, para los consumidores de conservas o los manipuladores de la bolsa, la dura vida del minero en Bolivia?". Eduardo Galeano, *Las venas abiertas de América Latina*.
- Carlos D. Mesa Gisbert "Breve historia de Bolivia". <http://www.bolivia.gov.bo/BOLIVIA/paginas/historia6.htm> (1/03/10)
- Cardona 2010: 1
- Galeano (1970), en bibliografía.
- www.igme.es/internet/PanoramaMinero/pm_junio07/ESTANO07.pdf
- IIED – WBSD 2002: 52
- IIED – WBSD 2002: 53

- IIED – WBSD 2002: 51, 52
- IIED – WBSD 2002: 54-55
- IIED – WBSD 2002: 388
- Sus sales se emplean en el tratamiento de enfermedades maniaco-depresivas. Los compuestos de litio tienen varias aplicaciones: lubricantes de alta temperatura, en usos secantes, depuración del aire en naves espaciales y submarinos. También se utiliza en alineaciones con aluminio, cadmio, cobre y manganeso para la construcción aeronáutica, como en la fabricación de cerámica, pinturas, lentes y telescopios, entre otras
- Yaksic (2008) citado en Lagos (2009: Anexos) en bibliografía.
- <http://www.cronista.com/notas/214057-el-litio-el-nuevo-petroleo-que-promete-revolucionar-el-mundo-los-commodities>
- Wilburn (2008: 2) en bibliografía
- <http://motorfull.com/2008/09/el-parlamento-europeo-da-vida-libre-a-los-coches-de-hidrogeno>
- http://www.evwind.com/noticias.php?id_not=5689
- Véase: <http://www.jornada.unam.mx/2009/10/08/index.php?section=estados&article=031n1est>
- http://www.nytimes.com/2010/03/10/business/energy-environment/10lithium.html?_r=1
- <http://www.fayerwayer.com/2009/02/crisis-del-litio-la-importancia-de-bolivia-en-el-mundo-tech/>
- http://www.la-razon.com/versiones/20100309_007026/nota_248_964852.htm
- http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/lb/ciencias_quimicas_y_farmacéuticas/gonzalez01/capitulo5/07.html
- <http://www.maippa.org/Ultimas-noticias/bolivia-litio-el-futuro-de-los-autos-se-encuentra-en-bolivia.html>
- http://www.la-razon.com/versiones/2010100309_007026/nota_248_964854.htm
- Véase: <http://www.jornada.unam.mx/2009/10/05/index.php?section=mundo&article=044n1mun>

- <http://www.hidrocarburosbolivia.com/bolivia-mainmenu-117/mineria-siderurgia/24437-el-mercado-del-litio-en-su-mejor-momento.html>
- Fuente: elaboración propia con datos de la USGS. <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/>
- http://www.lanacion.com.ar/nota.asp?nota_id=1223880
- <http://www.la-razon.com/version.php?ArticleId=3535&a=1&EditionId=107>
- <http://green.venturebeat.com/2010/06/14/afghanistans-lithium-eureka-a-big-win-for-china-or-another-bolivia/>
- Fuente: Elaboración propia en base a datos de Lagos (2009), en bibliografía.
- http://www.koreatimes.co.kr/www/news/biz/2010/02/123_60188.html
- Véase: <http://earth2tech.com/2010/03/10/will-seawater-stave-off-a-lithium-squeeze/>
- <http://www.deisrael.com/article1188.html>
- <http://www.patentesonline.cl/procedimiento-para-la-recuperacion-simple-y-economica-de-losmetales-y-las-sales-tales-44438.html>
- http://www.mch.cl/revistas/index_neo.php?id=1237
- Fuente: Elaboración propia en base a datos de Lagos (2009), en bibliografía.
- http://www.mch.cl/revistas/index_neo.php?id=1237
- <http://www.toxco.com/>
- (Hamilton 2009: 1)
- <http://www.ison21.es/2009/08/21/el-reciclado-de-baterias-de-litio-cobra-atencion/>
- (Hamilton 2009: 2)
- <http://www.greencarcongress.com/2010/05/sanyo-20100503.html#more>
- http://www.sumitomocorp.co.jp/english/news/2009/20091020_105000.html
- http://www.evwind.com/noticias.php?id_not=5689
- Véase: <http://www.economianegocios.cl/buscqueda/noticia.asp?id=70380>
- Por ejemplo, el Bureau of International Recycling estimó que en 1996 había un millón de trabajadores empleados en industrias de reciclaje de ferrosos y no-ferrosos. (IIDE WBCSD 2002: 55)