



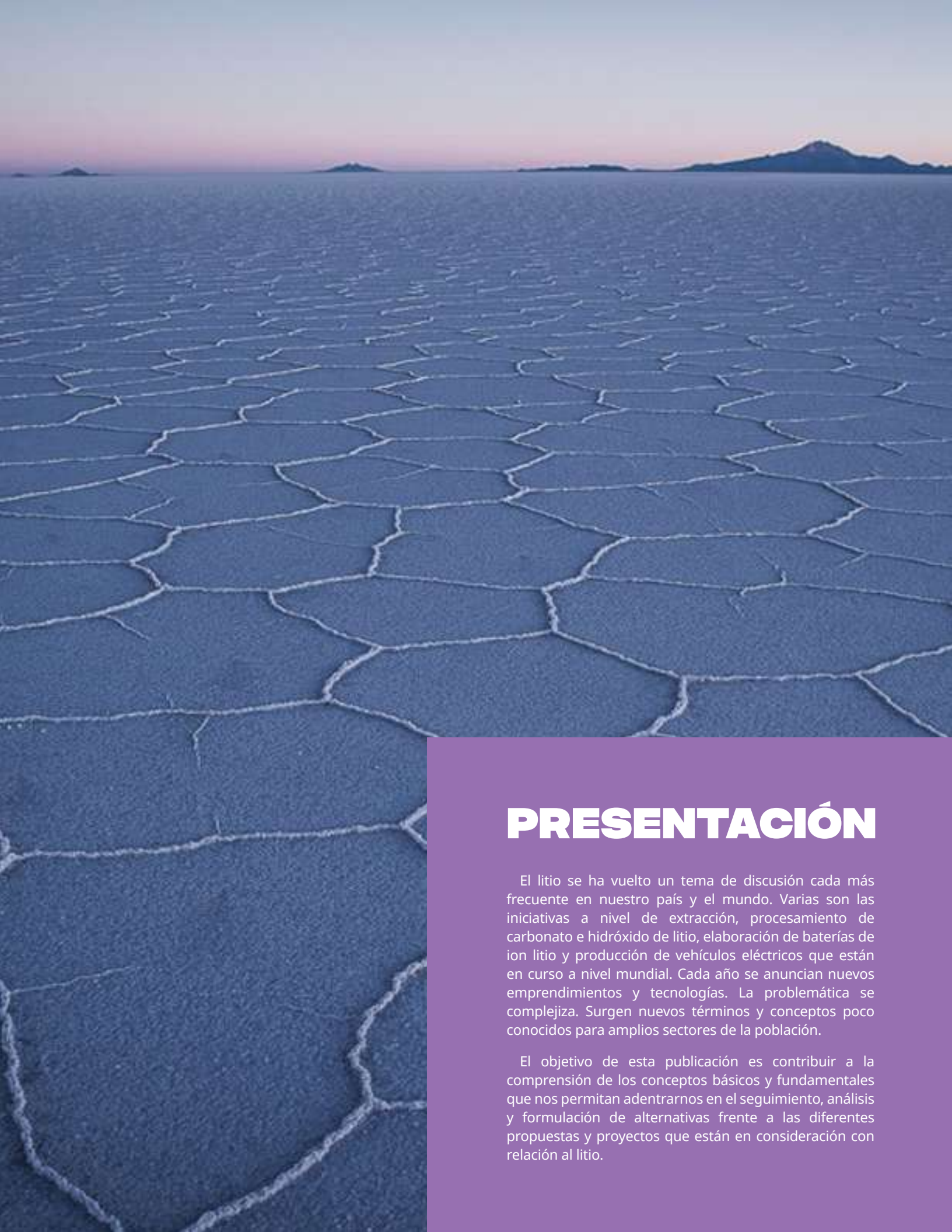
boletín n° 116 - junio 2021

TUNUPA

FUNDACIÓN · SOLÓN

Bs. 2





PRESENTACIÓN

El litio se ha vuelto un tema de discusión cada más frecuente en nuestro país y el mundo. Varias son las iniciativas a nivel de extracción, procesamiento de carbonato e hidróxido de litio, elaboración de baterías de ion litio y producción de vehículos eléctricos que están en curso a nivel mundial. Cada año se anuncian nuevos emprendimientos y tecnologías. La problemática se complejiza. Surgen nuevos términos y conceptos poco conocidos para amplios sectores de la población.

El objetivo de esta publicación es contribuir a la comprensión de los conceptos básicos y fundamentales que nos permitan adentrarnos en el seguimiento, análisis y formulación de alternativas frente a las diferentes propuestas y proyectos que están en consideración con relación al litio.

EL LITIO

¿Cuál es su origen?

El litio fue uno de los primeros cinco elementos en aparecer después del big bang que dio nacimiento a nuestro universo. Junto con el hidrógeno, el helio, el deuterio y el berilio; el litio fue de los primeros en surgir en este momento inicial de la creación que los astrofísicos denominan la nucleosíntesis primordial.

¿Cuándo fue descubierto?

El litio fue descubierto a inicios del siglo XIX. El año 1800, cuando aún no se lo conocía como litio, el célebre químico brasileño, José Bonifacio de Andrada e Silva, descubrió una roca llamada petalita en la mina de Üto, ubicada en Suecia. En 1817, el sueco Johan August Arfwedson, analizando la petalita en su laboratorio, descubrió un nuevo elemento alcalino, al que llamó litio, por la palabra griega “lithos” que quiere decir piedra, puesto que el mineral se encontraba contenido en una roca. En 1869, el litio formó parte de la primera tabla periódica de Mendeléyev junto a otros 60 elementos. El litio es el metal más ligero.

El litio puro no existe en el planeta. Cuando el químico sueco Johan August Arfwedson logró aislar el litio de los otros minerales que se encontraban en la petalita, fue la primera vez que se lo observó con un grado de concentración específico. Para ver el litio, en sus diferentes grados de pureza, es necesario realizar procesos químicos de separación de otros elementos. Los químicos utilizan el término de sales de litio, puesto que después de los procesos de separación y aislamiento, el litio se parece a un polvo blanco.

¿Dónde se encuentra?

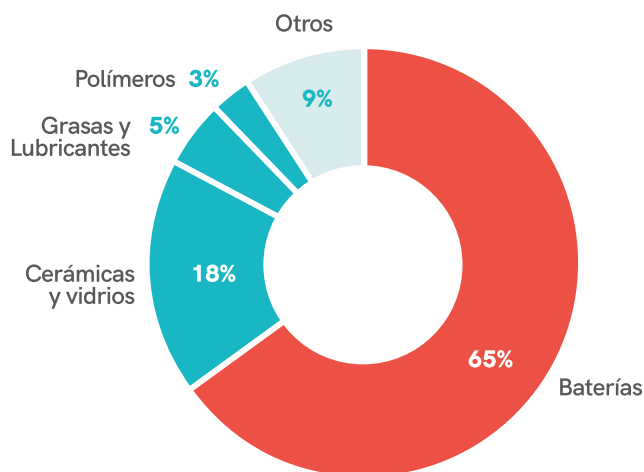
El litio se encuentra concentrado en diferentes tipos de depósitos en el planeta. Por un lado, se encuentra en rocas ígneas, producto de magma enfriado, como la pegmatita. Por otro lado, en grandes lagos de sal, o salmueras como las que se encuentran del salar de Uyuni. También podemos encontrar litio en los océanos, pozos petrolíferos, campos geotérmicos y arcillas. En la actualidad, sólo los procesos de obtención a base de rocas ígneas y salmueras han demostrado ser económicamente factibles.

¿Para qué se usa?

El litio durante el siglo XX ha sido utilizado para la producción de varios elementos de uso cotidiano, médico, militar y para almacenamiento de energía. Según el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS,

por su sigla en inglés), en el año 2020, el litio se utilizó para la producción de baterías (65%); cerámicas y vidrios (18%); grasas y lubricantes (5%); polímeros, por ejemplo, caucho sintético (3%); sistemas de control de humedad y aire acondicionado, la industria del aluminio, soldadura, medicamentos y otros usos (9%).

Usos del litio 2020



Fuente: Mineral Commodity Summaries 2020. Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS), 2020 (Adaptación por Fundación Solón)

El litio empieza a ser un mineral de importancia creciente a partir de la década de los años 50, cuando las tecnologías para su uso y producción se empiezan a desarrollar. El rol del litio en los procesos industriales ha ido cambiando a lo largo de las últimas décadas. En los años 80, cuando se desarrolló la tecnología para la producción comercial de baterías de ion de litio, la demanda de este mineral empezó a crecer. Aquello que comenzó en un laboratorio hoy tiene una serie de aplicaciones, y muchas veces se desconoce que aquello que se sostiene entre las manos tiene litio, como es el caso de un celular.

¿Qué imaginarios alimenta el litio?

Más allá de su existencia material, el mineral más ligero del planeta también está presente en el pensamiento de las personas y se ha convertido en un elemento central de diferentes discursos e imaginarios. Cada uno de estos imaginarios destaca diferentes elementos, a los cuáles están asociados los procesos de extracción, producción, comercialización y uso del litio.

Unos destacan el papel del litio como uno de los componentes para la transición energética, que

permitiría reducir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y hacer frente a las consecuencias del cambio climático. El almacenamiento de energía en baterías de ion de litio sería una de las alternativas centrales para que las energías renovables dejen de ser intermitentes, y de esta forma se disminuya el consumo y las emisiones de combustibles fósiles.

Otros enfatizan su valor monetario y lo denominan con el nombre de “oro blanco” o “petróleo del siglo XXI”, porque a los ojos de muchos gobernantes y hombres de negocio es una nueva oportunidad para hacer dinero.

También están los discursos que asocian el litio con oportunidades de desarrollo, como es el caso de Bolivia, en la que se presenta a la industrialización del litio como una vía para el progreso.

Así mismo, están las alertas de comunidades indígenas de Chile y Argentina que denuncian en el excesivo consumo de agua en los procesos de extracción del litio.

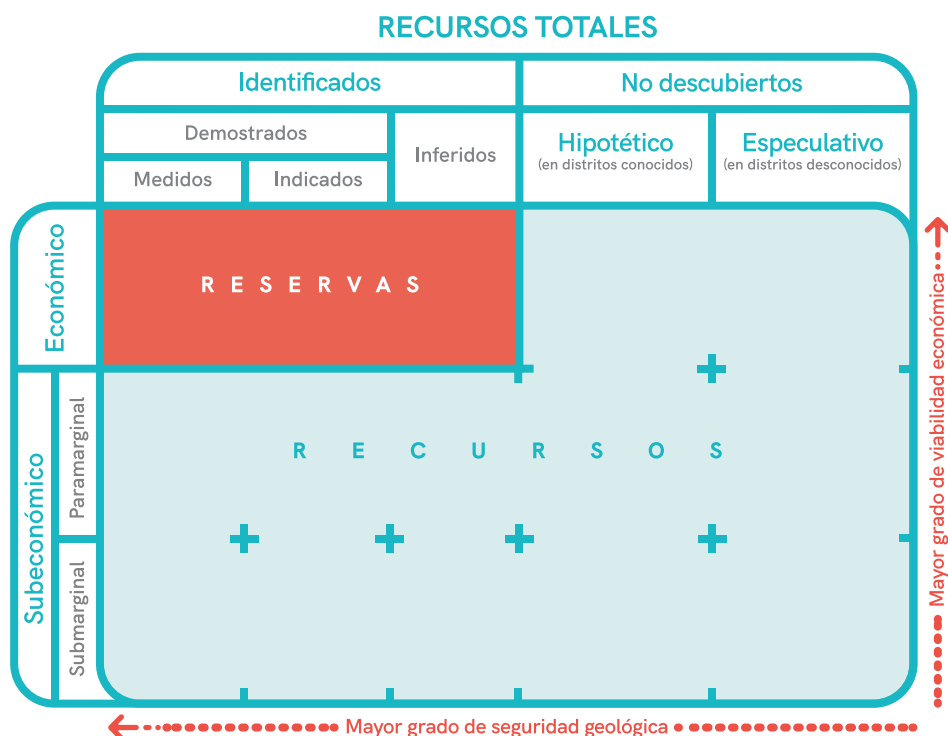
RECURSOS Y RESERVAS

¿Cuál es la diferencia entre recursos y reservas?

Los recursos son una concentración natural de algún elemento o compuesto sobre la corteza terrestre que ha sido cuantificado y puede ser extraído o procesado con los medios tecnológicos disponibles. Por otro lado, las reservas son la parte de los recursos que son factibles de ser extraídos o procesados a nivel técnico, legal y

económico. En otras palabras, no todos los recursos identificados son susceptibles de ser explotados por razones técnicas, económicas y/o legales. La parte de los recursos que puede ser explotada a nivel económico, técnico y legal, y que por lo tanto, puede transformarse en mercancía, constituyen las reservas.

Esquemmatización de los recursos y las reservas

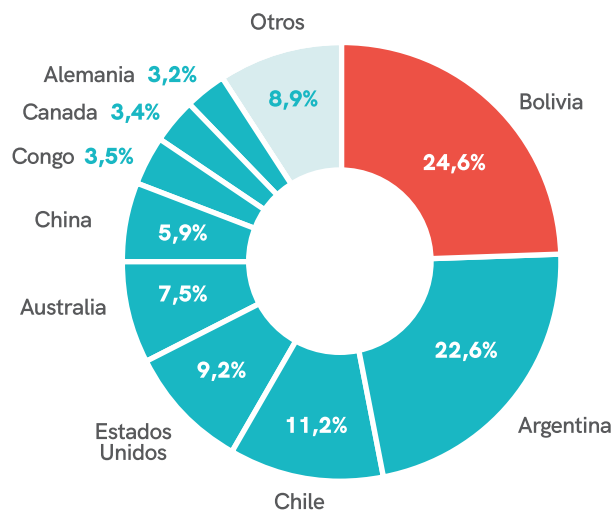


Fuente: "Principles of the Mineral Resource Classification System of the U.S. Bureau of Mines and U.S. Geological Survey", 1974. (Adaptación por Fundación Solón)

¿Cómo están distribuidos los recursos de litio en el planeta?

Entre reservas y recursos, el litio boliviano, se encuentra en una posición bastante peculiar. Según el informe de 2021 del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS por su sigla en inglés), los recursos del litio a nivel mundial alcanzan la cifra de 86 millones de toneladas. Bolivia tiene el 24,6%, la Argentina 22,6% (19,3 millones de toneladas), Chile 11,2% (9,6 millones de toneladas), Estados Unidos 9,2% (7,9 millones de toneladas), Australia 7,5% (6,4 millones de toneladas), China 6% (5,1 millones de toneladas) y el saldo de 19,7% está repartido entre Congo, Canadá, Alemania, México, República Checa, Serbia, Perú, Mali, Zimbabwe, Brasil, España, Portugal y otros. En síntesis, un cuarto de los recursos de litio del mundo está en el salar de Uyuni. En el triángulo del litio conformado por Bolivia, Argentina y Chile se encuentra el 57,9 % de los recursos de litio del planeta identificados hasta el año 2021.

Recursos mundiales de litio a nivel mundial 2021

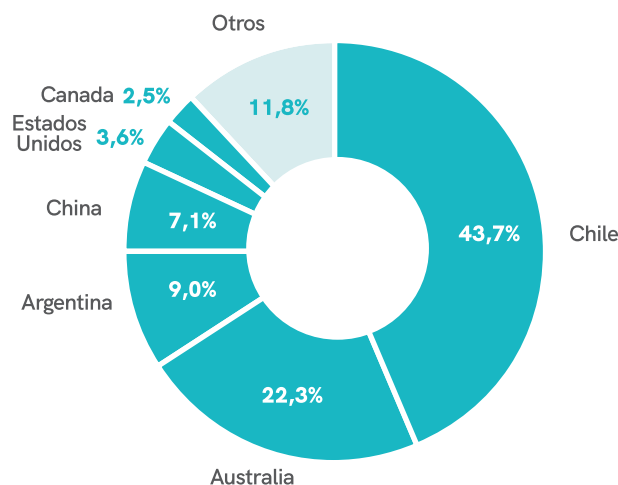


Fuente: Mineral Commodity Summaries 2021, Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS), 2021. (Adaptación por Fundación Solón)

La USGS, en 2010, le atribuyó a Bolivia una cifra redondeada de 9 millones de toneladas de litio. Esta cantidad proviene de un informe que realizó la institución francesa ORSTOM en coordinación con la Universidad Mayor de San Andrés, en la década de los 80.

El 2017, el gobierno de Evo Morales, contrató a la empresa consultora norteamericana 'SRK consulting', para realizar un estudio y estimar los depósitos del salar de Uyuni. Como resultante de dichos estudios, se registra un aumento de los recursos litio de Bolivia a 21 millones de toneladas. Esta cifra reafirma la idea por la cual Bolivia sería el país con mayor cantidad de recursos de litio en el planeta.

Reservas mundiales de litio 2021



Fuente: Mineral Commodity Summaries 2021, Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS), 2021. (Adaptación por Fundación Solón)

¿Cuál es la distribución de reservas de litio a nivel mundial?

Cuando se observan las reservas, lógicamente, las cifras son menores, y varían con el tiempo y según la situación de cada país. En el informe de la USGS, del año 2021 se estima unas reservas de litio de 21 millones de toneladas. Es decir, que sólo un cuarto de los recursos serían reservas que pueden ser extraídas y procesadas a nivel económico, técnico y legal. El país con mayores reservas es Chile con 9,2 millones de toneladas (43,7%), seguido de Australia 4,7 millones de toneladas (22,3%), Argentina 1,9 millones de toneladas (9,0%), China 1,5 millones de toneladas (7,1%), Estados Unidos 750.000 toneladas (3,6%) y el resto repartido en varios países. Entre Chile y Argentina concentran más de la mitad de las reservas de litio del planeta.

Chile es el país que más llama la atención a nivel de sus reservas, ya que el 95% de sus recursos son considerados reservas. Argentina, que es el segundo país en recursos del planeta, sólo tiene identificadas como reservas el 8,4% de sus recursos. Australia tiene catalogadas como reservas el 73,4% de sus recursos, China el 29,4%, Estados Unidos el 9,4% y Bolivia el 0%.

Bolivia es la anomalía, el país con mayor cantidad de recursos de litio en el mundo no cuenta con reservas en el inventario de la USGS. Tampoco Yacimientos del Litio Bolivianos consigna una cifra de reservas en documento oficial alguno de carácter público.

Según un informe del departamento de energía de los Estados Unidos, llamado *“Critical Material Minerals Strategy Report”* de 2011, *“Actualmente y en el futuro previsible, el litio de Bolivia es sólo un recurso antieconómico”*. Hoy, diez años más tarde, Bolivia no cuenta con reservas. El futuro del proceso de industrialización del país con la mayor cantidad de recursos se mantiene en la incertidumbre, con horizontes complejos e imprevisibles.

LAS CADENAS DE VALOR Y EL LITIO

¿Qué es una cadena de valor?

Hoy en día, casi la totalidad de los procesos de producción son de naturaleza secuencial (Antràs, Chor, 2012), estos se segmentan en actividades de extracción, fabricación y comercialización. Una cadena de valor se caracteriza por contar con diversos pasos de transformación y de generación de valor agregado para la producción de un producto final. Si intentamos simplificar el funcionamiento de las cadenas de valor, en una primera 1) instancia se encuentra la extracción de materia prima, luego 2) estas se convierten en componentes básicos, que 3) combinados con otros componentes sirven para la producción de elementos mas complejos. Para finalmente, 4) generar un proceso de ensamblaje y así el producto final para su comercialización.

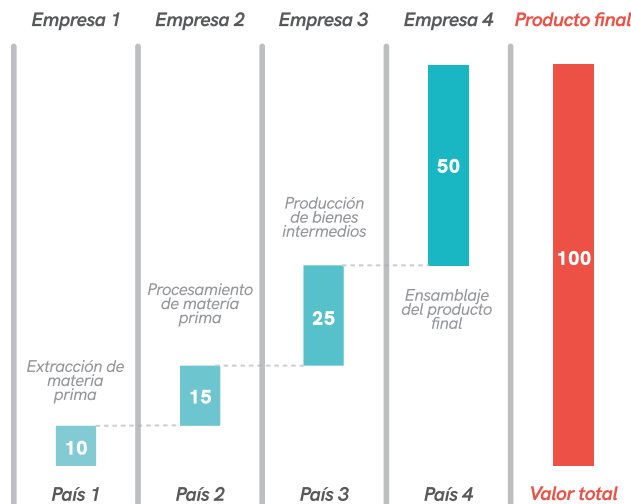
La producción de los productos con los que interactuamos casi siempre ha sido secuencial, sin embargo, fue a principios del siglo XX con la aparición del fordismo que el trabajo en cadena se realizaba en una sola planta. Henry Ford, el padre del fordismo y de la compañía de autos, producía los diferentes elementos de un auto en una sola fabrica. Ford aumentó la producción y la productividad, bajo los costos, e incrementó la cantidad de trabajadores asalariados, pero dichas fuentes de empleo eran monotonas y demandaban un trabajo menos calificado y creativo.

Un siglo después el mundo se organiza de manera diferente, el fordismo ha mutado. El proceso de globalización que fue acompañado por avances revolucionarios en información y tecnología de la comunicación, combinados con una reducción gradual de las barreras comerciales naturales y artificiales, han permitido la consolidación de cadenas de valor que se dividen en segmentos que se separan geográficamente. Actualmente, no se produce un automóvil de forma integral en un solo lugar, ni siquiera se producen en un solo país. En otras palabras, la creciente interconexión y la especialización de cada país en determinadas fases de la producción de un producto, han moldeado el comercio internacional. Según la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Comercio y Desarrollo (UNCTAD) este proceso que empezó en los años 80 hoy domina y moldea el comercio internacional.

¿Cómo funcionan las cadenas de valor?

En una cadena de valor, diferentes empresas realizan diferentes actividades hasta alcanzar un producto final, realizando actividades en varios puntos del globo. Sin embargo, se llaman cadenas de valor puesto que, en los diferentes segmentos de la cadena, las diferentes compañías van añadiendo valor hasta llegar a un producto final (esquema 1.).

Agregación de valor por tipo de empresa en la cadena de valor



Este es un ejemplo ilustrativo del funcionamiento de una cadena de valor

Elaboración: Fundación Solón

Finalmente, la apertura comercial de los países en desarrollo promueve una competencia más intensa, y por lo mismo, se mantiene un bajo nivel de valor añadido. Estas son las principales razones para las grandes empresas que buscan implementar cadenas de valor dispersas en diversos puntos del globo.

¿Quiénes controlan las cadenas de valor?

Quiénes controlan las cadenas de valor, son grandes empresas transnacionales, de forma conjunta con el comercio transfronterizo de insumos y productos que tiene lugar en el interior de sus redes de filiales, asociados contractuales y proveedores independientes. En otras palabras, son aquellas grandes empresas transnacionales en el segmento superior de las cadenas de valor quienes las controlan. Según un informe de la UNCTAD del año 2013, las cadenas de valor coordinadas por empresas transnacionales, representan el 80% del comercio mundial, que se da entre las propias empresas subsidiarias, proveedoras y fabricantes del producto final, hasta llegar a su comercialización.

Las cadenas de valor profundizan aún más la transnacionalización del capital, fomentando asociaciones entre grandes empresas transnacionales de diferentes países. La construcción de infraestructura para la producción de un eslabón de la cadena en un país no significa que el país sea el dueño. Hoy las cadenas de valor rigen por sobre naciones, impulsando dinámicas extractivas desde una mina hasta llevar los productos terminados al cliente. Es la oportunidad de generación de un aumento en la tasa de ganancia que se ha impuesto, tejiendo una red de capitalismo.

¿Qué justifica la segmentación transnacional de las cadenas de valor?

Las tareas de producción se deslocalizan a países de la periferia porque en esos países los costos de producción son más bajos. Por consiguiente, es más simple añadir valor en los segmentos superiores de la cadena de valor que se realizan en los países del norte. Las tareas que resultan más fáciles de deslocalizar suelen ser las que requieren poca capacidad, como la extracción y procesamiento de un mineral estratégico para la producción de un producto final.

Hoy, a diferencia de la década de los 70, la transferencia de tecnología avanzada a los centros de deslocalización resulta más rentable. Utilizar tecnologías de producción más avanzadas reduce los costos y posibilita justamente el aumento de la agregación de valor en los eslabones superiores de la cadena. Asimismo, la transferencia de tecnología, es un mecanismo con el cual las grandes empresas consolidan un modelo de control, puesto que nunca realmente entregan las tecnologías.

¿Cómo es la cadena de valor del litio?

El litio se encuentra inmerso en diversas cadenas de valor con características diferentes. La cadena de valor de grasas, cerámicas, vidrios, baterías y todos aquellos productos que utilizan el litio para su producción. Sin embargo, en el siglo XXI, la cadena de valor de mayor importancia para el metal más ligero del mundo es la de las baterías para la fabricación de vehículos eléctricos. La importancia de la cadena de valor de los vehículos eléctricos se da por un crecimiento en los últimos años y proyecciones potenciales hacia el futuro, de forma paralela se han dado recientes procesos de regulación para la transición energética, necesaria para combatir los efectos del cambio climático, que impulsan esta cadena de valor y así la producción de vehículos eléctricos.

Si nos interesamos en la cadena de valor de baterías, que en sí es parte de la cadena de valor de los automóviles eléctricos, es necesario contemplar, que la extracción de litio, que acaba en baterías, pasa por diversas etapas de producción.

La cadena de valor del litio hasta llegar a un automóvil tiene diferentes segmentos, es decir, partes del proceso de producción, podemos resumirlos de la siguiente manera. (Ver infografía en contratapa).

- **Extracción del mineral:** Que como vimos anteriormente se da principalmente en roca o salmuera.

- **Proceso químico para la transformación hacia productos semi industriales:** a través de diferentes procesos químicos que varían según el tipo recurso (sea roca o salmuera) se produce carbonato de litio e hidróxido de litio. En el proceso se producen también otros productos derivados, por ejemplo, en el caso boliviano, cloruro de potasio.

- **Procesamiento y producción de materiales para la batería:** las actuales tecnologías de baterías hacen que el litio sea un elemento que puede usarse para la producción de cátodos, ánodos y electrolitos.

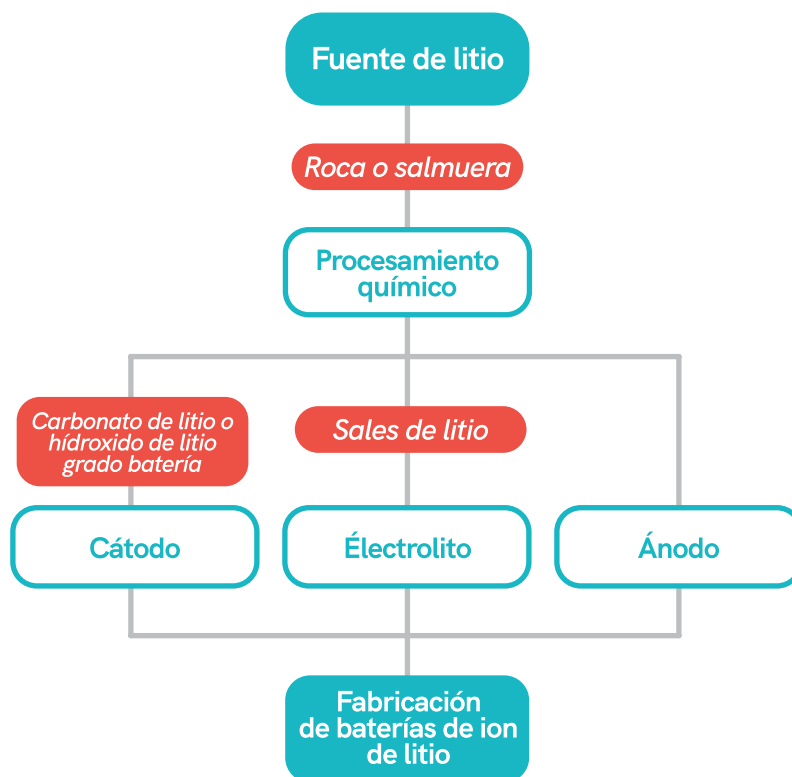
- **Producción de celdas de baterías:** Este proceso consiste en la elaboración de pilas de batería.

- **Producción de paquetes de baterías:** los paquetes de baterías son un conjunto de pilas o celdas, contenidas en módulos de baterías, que combinados con otros elementos conforman los paquetes de baterías.

- **Producción de automóviles eléctricos:** los paquetes de baterías llegan a las fábricas de producción de automóviles y junto con otros elementos, como el chasis, el motor, y otros, se fabrica un automóvil.

El litio es importante para las tecnologías de almacenamiento de energía por su carácter versátil, como se puede ver, hoy por hoy, el litio es mayormente utilizado para la producción de material catódico.

Esquema: cadena del litio a la batería.



Elaboración: Fundación Solón

PRODUCCIÓN

¿Cuáles son las principales fuentes para la producción de litio?

Cuando se habla de extracción y producción de litio existen dos fuentes predominantes: la salmuera y la roca. La producción de litio de salmueras varía anualmente y a veces está un poco por encima o por debajo de la mitad de toda la producción mundial de litio. Algunos estudios afirman que el 2019, alrededor del 45 % de la producción de litio como primer producto vino de salmueras, y el restante 55% de rocas. Según el Servicio Geológico de los Estados Unidos, el 2019 se produjeron 77.000 toneladas de litio a partir de salmueras y rocas.

¿Quiénes son los mayores productores de litio a partir de minerales?

La producción de litio a partir de minerales se realiza fundamentalmente a partir de tres tipos de rocas: la espodumena, la lepidolita y la petalita. La espodumena es la roca con litio más abundante en el planeta y las reservas más importantes se encuentran en Australia. Estimaciones del año 2019, indican que casi el 90% de la producción de minerales de litio fue en base a espodumena; mientras que la lepidolita y la petalita tuvieron una participación mucho más baja. En 2019, la producción de litio a partir de rocas estuvo dominada por Australia, con el 85% de la producción mundial, le siguió China con el 10% y con porcentajes menores, Zimbabwe, Brasil, Canadá y Portugal, que juntos, produjeron menos del 5%.

Producción de litio a partir de rocas, según país 2019

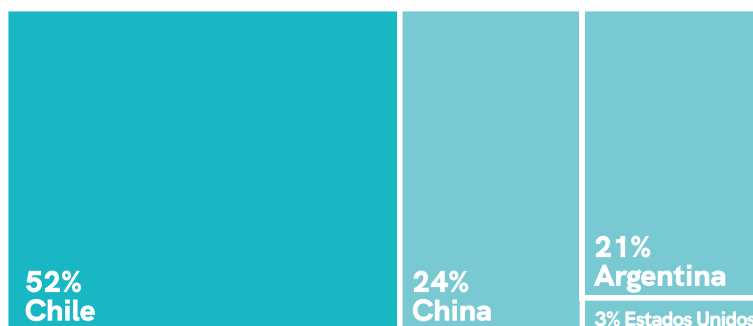


Fuente: Varias fuentes. Elaboración: Fundación Solón

¿Quiénes son los mayores productores de litio a partir de salmueras?

En 2020, Chile fue el principal productor de litio refinado a partir de salmueras con un 52%, le siguió China con 24%, Argentina con 21% y Estados Unidos con 3%.

Mayores productores de litio a partir de salmueras 2020



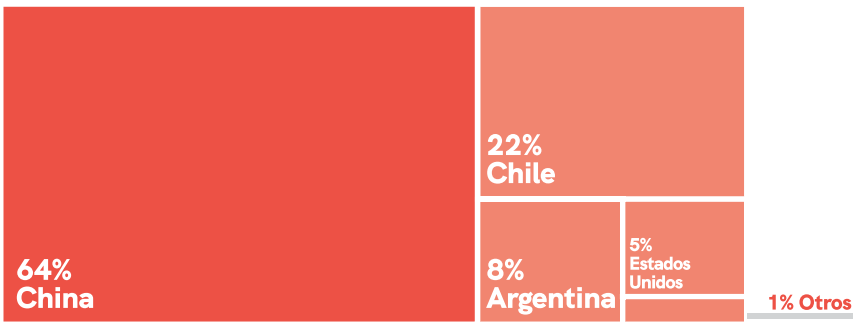
Fuente: Varias fuentes. Elaboración: Fundación Solón



¿Cuál es el país que más litio refinado produce?

En 2020, Australia figura como el país donde más litio se extrajo, sin embargo, China es el país donde más se refina el litio produciéndose carbonato e hidróxido de litio.

Litio refinado según país 2020



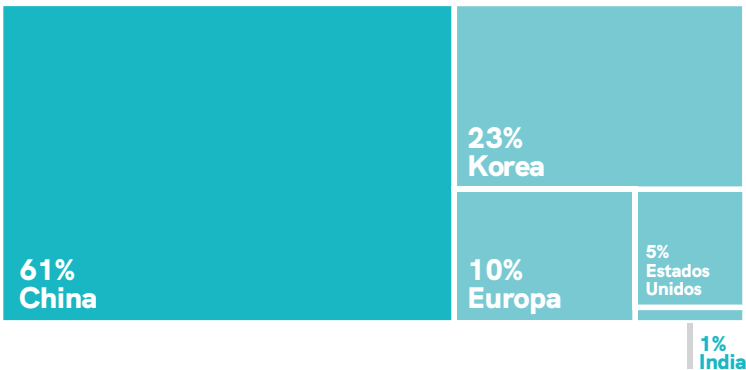
Fuente: Varias fuentes. Elaboración: Fundación Solón

¿Quiénes son los más grandes consumidores de litio a nivel mundial?

Según el Servicio Geológico de los Estados Unidos, el consumo mundial de litio en 2019 alcanzó las 57.700 toneladas de litio que representan 304.656 toneladas de Carbonato de Litio Equivalente (Una tonelada de litio es igual a 5,323 toneladas de LCE). La demanda de litio se incrementó en un 18% en relación al 2018.

Según datos de la USGS, el año 2019, China llegó a consumir un poco más de 30.000 toneladas de litio, seguida de Corea del Sur con 11.000 toneladas, Japón con 6.500 toneladas, Europa con 4.700 toneladas y según estimaciones EE.UU. consumió 2.500 toneladas de litio. Este panorama deja ver que China es el mayor consumidor de litio del mundo con un 54% y que el continente asiático concentra más del 86% del consumo de litio en el planeta.

Países consumidores de litio a nivel mundial 2019



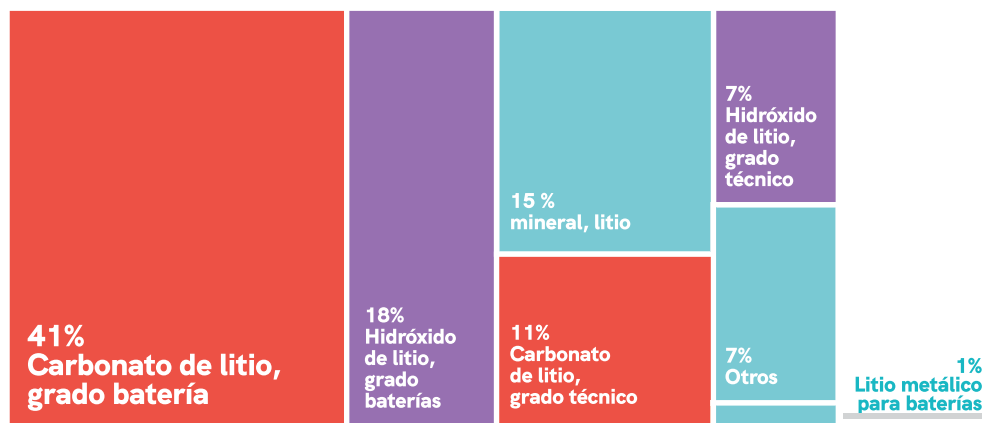
Fuente: Varias fuentes. Elaboración: Fundación Solón

¿Qué productos de litio son los más demandados?

Los principales productos son el carbonato de litio y el hidróxido de litio. Estos dos productos se comercializan en dos diferentes grados de pureza: el grado técnico que tiene una pureza de 98,5% a 99% y el grado batería que cuenta con una pureza de 99,5% como mínimo. Entre el 2009 y el 2019, el consumo de carbonato de litio grado técnico se incrementó un 40 % y el de hidróxido de litio grado técnico aumento en un 21%. En cambio, el consumo de carbonato de litio grado batería se multiplicó seis veces (600%) en ese mismo período mientras el hidróxido de litio grado batería se incrementó trece veces (1.300%).

En 2019, el consumo de grado batería de carbonato de litio e hidróxido de litio representa casi el 60% del consumo de litio, mientras el grado técnico de ambos productos llega a un 18%.

Consumo mundial de litio según producto 2019



Fuente: Varias fuentes. Elaboración: Fundación Solón

PRECIO

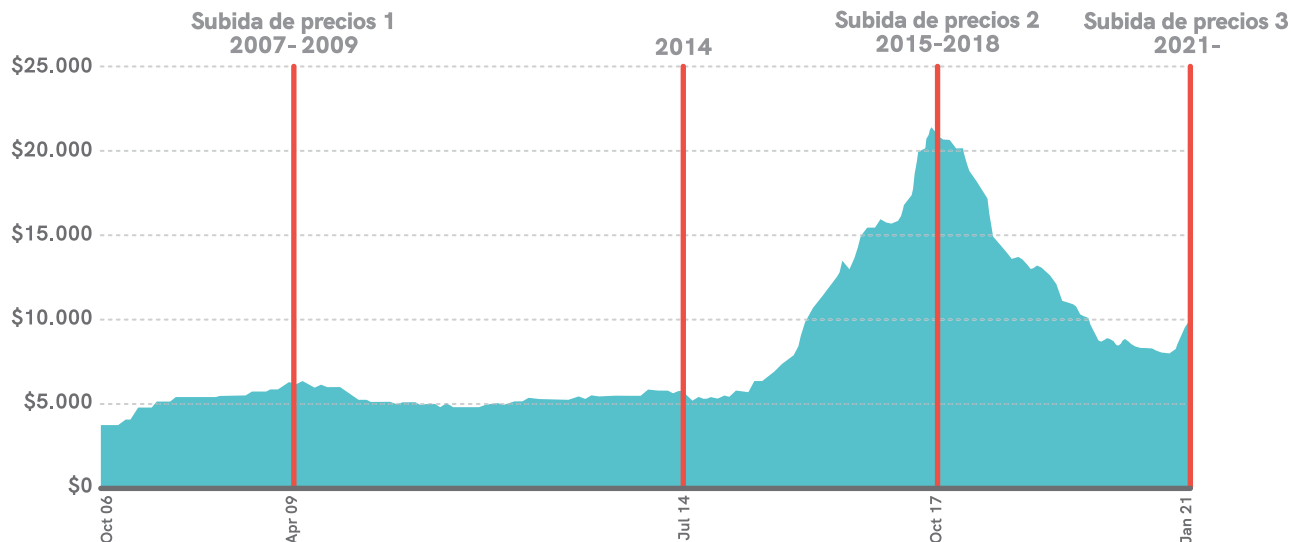
¿Cómo han evolucionado los precios del litio?

El litio no se cotiza en la bolsa y sus precios se negocian de manera directa entre el comprador y el productor. Además de la oferta y la demanda, los precios del litio dependen de varios factores: el tipo de producto (carbonato de litio, hidróxido de litio, etc.), el grado de pureza (grado técnico o grado batería), y si son compras al contado "spot" o en base a contratos anuales y de más largo plazo. Los precios spot generalmente son más altos que los precios a contratos cuando el mercado está en ascenso, y menores cuando el mercado está en descenso.

Entre el 2008 y el 2015, los precios del carbonato de litio grado batería oscilaron entre los 4.800 USD (dólares americanos) y los 6.200 USD por tonelada; mientras el hidróxido de litio grado batería estuvo entre los 8.100 USD y los 9.600 USD.

A partir de fines del 2015, los precios empezaron a subir y alcanzaron su pico a principios del 2018 para luego volver a bajar. La siguiente grafica ilustra los flujos del precio del carbonato de litio.

Evolución de los precios promedio del carbonato de litio 2006-2021



Fuente: Benchmark Mineral Intelligence, 2021. (Adaptación por Fundación Solón)

Si bien los datos sobre precios de litio toman al dólar estadounidense como referencia, el amplio crecimiento de China en el consumo de litio, hace que la mayor parte de las transacciones de litio se realicen en renminbi (RMB), la moneda china.

¿Cuál la proyección del precio del litio?

Hay mucha incertidumbre, en particular porque la recuperación que preveían varios estudios a partir del 2021 se está complicando por la evolución de esta pandemia. Diferentes estudios prevén una recuperación de los precios hasta alcanzar una planicie a mitades de la década que oscilaría entre los 11.000 USD y 16.000 USD por tonelada, según el tipo de producto: hidróxido de litio grado batería o grado técnico y carbonato de litio grado batería o grado técnico. En general, se estima que el hidróxido de litio grado batería tenga un costo de 1.500 USD por encima del carbonato de litio grado batería.

Uno de los factores determinantes sobre el que existe controversia para la determinación de los precios es el desbalance que puede producirse en la segunda mitad de la presente década entre la oferta y la demanda, si se postergan algunos proyectos de plantas de extracción y procesamiento de litio, y si la demanda de vehículos eléctricos se incrementa de manera acelerada. Por ello las proyecciones sobre el futuro de los precios del litio son relativamente inciertas.

A esto hay que añadir que el desarrollo de nuevas tecnologías de extracción y procesamiento de litio, el surgimiento de nuevas tecnologías de baterías de litio, la aparición de nuevos centros de producción, los incentivos y subsidios a la producción y consumo de vehículos eléctricos, junto a otros factores, pueden alterar las diversas proyecciones de precios de litio que anualmente se actualizan frente a la realidad extremadamente compleja y cambiante.



BATERÍAS

¿Una batería almacena o genera nueva electricidad?

La batería o pila es un dispositivo que almacena electricidad. Las baterías descargan la electricidad que les ha sido cargada pero no generan nueva electricidad. La energía con la que se carga una batería puede venir de una central eléctrica que funciona con combustibles fósiles o de una planta fotovoltaica.

¿Qué tipo de baterías existen?

Las baterías se clasifican en primarias o desechables y secundarias o recargables.

Las baterías primarias producen energía eléctrica en un solo ciclo y una vez que se descargan ya no sirven y deben ser desechadas. Esto provoca impactos negativos para el medio ambiente por la toxicidad de los elementos químicos que la componen.

Las baterías recargables pueden ser reutilizadas varias veces. Estas baterías recargables pueden ser de plomo ácido, níquel, grafeno y litio, entre otros.

¿Qué son las baterías de iones de litio?

La batería de iones de litio, también conocida como batería Li-ion, es la de mayor rendimiento y su uso se ha extendido en equipos electrónicos, celulares, tabletas, computadoras portátiles, vehículos electrónicos, casas y baterías de mayor capacidad para alimentar redes eléctricas de pequeñas ciudades, pequeñas embarcaciones y aviones.

Las baterías de litio han recorrido un largo camino desde que salieron de los laboratorios de Exxon en la década de 1970. Sony produjo la primera batería comercial de litio en 1991.

Las baterías de ion litio son en la actualidad las más solicitadas porque pueden almacenar una mayor cantidad de energía, tienen un ciclo de carga y descarga más duradero que da una mayor autonomía al dispositivo. Por ejemplo, una batería de ion litio puede almacenar un rango de 90 a 260 vatios hora de electricidad en 1 kilogramo de batería (wh/kg); mientras una de plomo ácido almacena solo de 35 a 49 wh/kg. Por otra parte, las baterías de ion litio son más ligeras que otras baterías recargables del mismo tamaño, y su ciclo de vida útil puede ser más largo (entre 2 a 10 años). En ese sentido, las baterías de ion litio son más durables. Sin embargo,

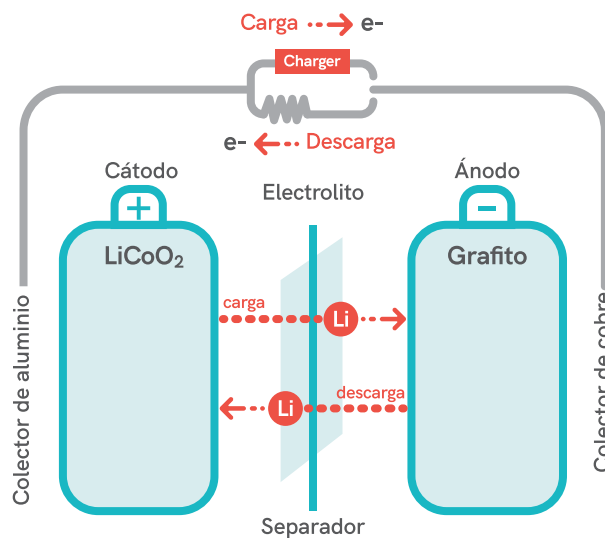
después de un tiempo su capacidad de almacenamiento se va deteriorando. Por eso, la batería de un celular nuevo dura más horas que la de un celular que tiene dos años de uso.

Las baterías de ion litio son muy sensibles a las altas temperaturas lo que acelera su degradación. Tarde o temprano una batería de ion litio se degrada tanto que se vuelve inservible porque hay que recargarla a cada instante. En ese momento si se la deshecha tiene efectos nocivos para el medio ambiente.

¿Cuáles son los componentes y cómo funciona una batería recargable?

Las celdas de las baterías comprenden cuatro componentes:

- **Cátodo.** Electrodo positivo.
- **Ánodo.** Electrodo negativo.
- **Separador.** Actúa como una barrera física porosa que impide que los dos electrodos entren en contacto directo, y se produzca un corto circuito. Al mismo tiempo el separador poroso permite que los iones se muevan entre los dos electrodos.
- **Electrolito.** Es un disolvente químico que generalmente se encuentra en estado líquido y actúa como conductor a través del cual viajan los iones entre los dos electrodos.



Elaboración: Fundación Solón

Cuando una batería se carga los iones fluyen del cátodo al ánodo, cuando ésta se descarga viajan del electrodo negativo al electrodo positivo. Cuando todos los iones de litio se han desplazado al cátodo la batería está completamente descargada. De manera inversa, cuando todos los iones de litio se han desplazado al ánodo la batería está totalmente cargada.

¿Qué materiales/minerales usan las baterías de ion de litio?

Los minerales utilizados para cada uno de los componentes de las baterías difieren según la tecnología. En el caso de las baterías ion litio, el litio es el fundamental por los iones de litio, pero no es el único mineral ni el que se encuentra en mayor proporción en la batería.

•**Cátodo**, la batería de litio normalmente contiene cobalto, litio, níquel y manganeso.

•**Ánodo**, generalmente está hecho de grafito, una forma de carbono, que hace que la batería sea mucho más estable y ayuda a que dure más.

•**Electrolito**, a menudo es un líquido de una sal de litio.

•**Separador**, es una fina hoja de plástico poroso.

El cobalto es un elemento químico importante para la batería, pero es caro y escaso, por eso la tendencia ha sido usar cada vez menos cobalto y reemplazarlo por metales más baratos como el níquel, manganeso e incluso el hierro. Sin embargo, se vio que el cobalto desempeña el papel de maestro de escuela, disciplinando a los iones de litio rebeldes mientras se mueven y asegurando que la batería dure un mayor número de ciclos de carga y descarga.

Las baterías de iones de litio se suelen clasificar según la química de sus cátodos. Las variedades que dominan el mercado del sector de los autos eléctricos son:

- Óxido de litio, níquel, manganeso y cobalto (NMC)
- Óxido de litio, níquel, cobalto y aluminio (NCA)
- Óxido de litio y manganeso (LMO)
- Fosfato de litio y hierro (LFP)

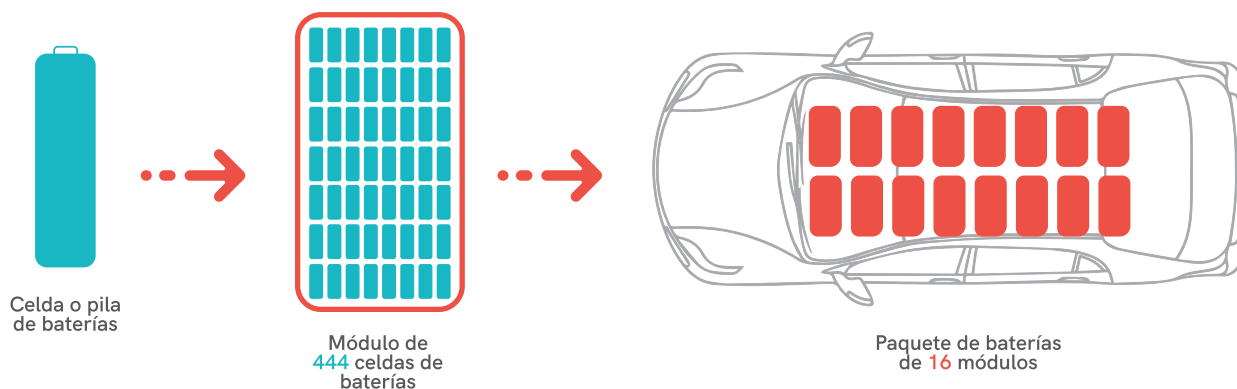
Cada una de estas químicas tiene diferentes ventajas y desventajas relacionadas con el rendimiento, la vida útil, los costos, la densidad de energía y la densidad de potencia.

El carbonato de litio es el producto químico que se comercializa y utiliza como material principal para los cátodos de las baterías tradicionales, especialmente para las que tienen un contenido de níquel relativamente bajo. Las baterías de ion de litio utilizan hidróxido de litio, que desde el punto de vista técnico es más adecuado para los cátodos con alto contenido de níquel. Se espera que el hidróxido de litio ocupe el lugar del carbonato de litio a futuro.

La cantidad de litio contenida en cada celda es mínima. En promedio el litio requerido para producir un kilovatio hora (kWh) para una batería de un coche eléctrico es de 0.10 kg/kWh. Con la evolución de la tecnología de las baterías, se prevé que se requiera la mitad de esa cantidad por kilovatio hora (0.05 kg / kWh). Por ejemplo, un automóvil eléctrico con una batería de 40 kWh que le permite viajar una distancia de 250 a 300 km sólo consume 4 kg de litio.

¿Qué es una celda-pila, un módulo y un paquete de batería?

Las baterías de iones de litio que se utilizan en los vehículos eléctricos están compuestas por celdas o pilas de batería, contenidas en módulos de batería que están dentro de un paquete de baterías. Las celdas generalmente representan del 70% al 85% del paquete de batería.



Elaboración: Fundación Solón

Las celdas pueden adoptar diversas geometrías, su aspecto puede ser prácticamente idéntico al de las pilas cilíndricas convencionales AA o pueden tener formas cuadradas o rectangulares.

El rendimiento de la batería depende no sólo de cada celda individual, sino cómo los módulos y el paquete de la batería se combinan en una sola entidad, integrados en un hardware y un software.

¿Dominarán el mercado las baterías de ion litio?

Para Simon Moores, CEO de Benchmark Minerals, estamos “en la era de la economía de la batería de ion litio” (lithium ion economy), porque la base de las nuevas invenciones tecnológicas es y seguirá siendo por varias décadas las baterías de ion litio, aunque cambien los otros minerales requeridos.

Según Insight, el dominio de las baterías de litio no es 100% seguro, ya que otras tecnologías como las baterías de litio-azufre y de estado sólido, la celda de combustible de hidrógeno o incluso una tecnología de campo izquierdo podrían cambiar la trayectoria actual de la demanda de baterías de iones de litio.

En general todos acuerdan que durante la presente década las baterías de ion litio serán las dominantes.

TECNOLOGÍAS

¿Qué tipos de baterías de ion litio existen?

Existen diferentes tipos de baterías que usan litio. El principal uso del litio es a nivel del cátodo de la batería, pero también están en desarrollo baterías que usan litio en los ánodos y/o el electrolito de la batería (ver *¿Cuáles son los componentes de la batería?*).

¿Cómo evaluar una batería de litio?

Los diferentes tipos de baterías de ion litio se diferencian por la combinación del litio con otros minerales (cobalto, manganeso, fósforo, hierro, níquel, aluminio). Cada uno de estos tipos de baterías de ion litio tiene diferentes ventajas y desventajas a nivel de:

- La energía que puede almacenar una batería por unidad de volumen (Wh/l) – Densidad de Energía.
- La energía que puede almacenar una batería por unidad de peso (Wh/kg) – Energía Específica.
- La potencia que puede entregar una batería por unidad de volumen (W/l) – Densidad de Potencia.
- La potencia que puede entregar una batería por unidad de peso (W/kg) – Potencia Específica.

- La vida útil de la batería, que se mide por el número de veces que la batería puede ser recargada, recobrando su capacidad completa de recarga – Ciclos de recarga.
- La fracción de energía eléctrica que devuelve la batería en relación a la que ha sido necesaria para cargarla (%) – Eficacia.
- El tiempo necesario para realizar una recarga completa de la batería (h) -Tiempo de recarga.
- La capacidad de la batería de no sobrecalentarse – Estabilidad térmica.
- El coste de la batería por unidad de energía almacenada (USD/kWh).

Lo ideal, es una batería que sea de pequeño tamaño, pese poco, tenga una larga vida útil, se cargue rápidamente, sea segura y tenga un bajo costo. Algunas de estas características como el peso y el volumen de la batería pueden ser muy importantes para un automóvil eléctrico, pero son menos relevantes para una batería estacionaria de gran capacidad de almacenamiento.

¿Qué tecnologías de cátodos de ion litio existen?

Las tecnologías más usadas para el cátodo de las baterías de iones de litio son las siguientes:

- **Óxido de litio y cobalto – LCO.** Su principal propiedad es su mayor densidad de energía y alta energía específica (150 – 190 vatios hora de electricidad en 1 kilogramo de batería – Wh/kg). El inconveniente que tiene es su inestabilidad térmica, su ciclo de vida relativamente corto (500 a 1000 ciclos), el alto costo del cobalto sumado a los problemas medioambientales que trae su explotación. Su principal área de aplicación es en la electrónica portátil como celulares, laptops, cámaras, tablets, no así en automóviles eléctricos.

- **Óxido de litio y manganeso – LMO.** Tiene una alta potencia específica y un ciclo de vida más largo (1000 a 1500 ciclos). El problema es su baja densidad de energía (100 – 140 Wh/kg). El manganeso es más abundante, barato, seguro y más benigno para el medio ambiente. Su uso principal se da en bicicletas eléctricas, también en herramientas eléctricas, dispositivos médicos y algunos vehículos comerciales como los híbridos.

- **Fosfato de litio y hierro – LFP.** Es una de las baterías de ion litio más seguras, pero son más pesadas porque su energía específica es más baja (90 – 140 Wh/kg). Ofrece estabilidad térmica ya que soporta altas temperaturas, sus materiales son menos tóxicos, tiene más durabilidad (hasta 2000 ciclos) y su costo se hace más bajo porque el hierro es abundante y no contiene cobalto ni níquel. Estas ventajas lo hacen más atractivo para tecnologías de almacenamiento de energía estacionarias, herramientas eléctricas y vehículos pesados como autobuses o de bajo costo como los taxis.

- **Óxido de litio níquel cobalto y aluminio – NCA.** Ofrece la más alta energía específica (200 – 250 Wh/kg), además de una alta potencia específica y de 1000 a 1500 ciclos de vida. El níquel es conocido por su alta energía específica pero poca estabilidad. Al reducir el uso de cobalto baja su precio, pero en comparación a las otras químicas es más costosa. Su uso está en automóviles eléctricos y en equipos electrónicos portátiles.

- **Óxido de litio níquel manganeso y cobalto – NMC.** Puede proporcionar alta energía y potencia específica y estabilidad térmica. Tienen un ciclo de vida más largo (1000 a 2000 ciclos), pero una densidad de energía más baja (140 – 200 Wh/kg). Esta tecnología ha dominado los mercados de vehículos eléctricos de batería y los vehículos eléctricos híbridos enchufables, también se aplica en la electrónica portátil y aplicaciones estacionarias.

¿Qué tipo de baterías de ion litio se usan en los automóviles eléctricos?

Las baterías utilizadas en los vehículos eléctricos varían dependiendo del fabricante y el modelo. Los primeros automóviles eléctricos usaron las tecnologías LCO y LMO; posteriormente el mercado se trasladó a otras composiciones como NMC y LFP. El LFP ha mejorado su rendimiento en la última década, tiene más ventajas y ha ganado más popularidad, aunque aún está por detrás de las químicas basadas en cobalto.

Las celdas NCA y NMC que usan cobalto son las más comunes en los vehículos eléctricos. En ambas, NCA y NMC, la tendencia es a utilizar cada vez proporciones más pequeñas de cobalto e incrementar el uso del níquel. Según la Agencia Internacional de Energía (AIE), la química NMC es la dominante para las baterías de iones de litio, con alrededor del 71 % de participación en las ventas y tiene el mejor potencial para los autos eléctricos a corto plazo. La NCA representa la mayor parte del restante 29% de las ventas y se espera que reemplace al NMC. Por su parte la química LFP tiene por debajo del 4 % del mercado de vehículos eléctricos.

Recientemente se anunció la batería de ferrofosfato de litio y manganeso LMFP. Producida por Lithium Australia, sería más barata, segura, duradera, y proporcionaría un 25 % más de densidad de energía que la LFP. Aún no se ha iniciado su producción comercial de este tipo de batería, pero está disponible para pruebas de los potenciales consumidores.

También se han anunciado las baterías NCMA (níquel, cobalto, manganeso, aluminio) desarrollada por LG Energy Solution, que tendría un 90 % de níquel en su composición y una densidad de energía muchísimo más alta que las demás. Su uso comercial se daría por Tesla a partir del segundo semestre del 2021.

En su publicación sobre Vehículos Eléctricos, Perspectivas 2021, de Bloomberg, se señala que las baterías NMCA entrarán en el mercado este 2021, dos años antes de lo previsto, brindarán alta densidad de energía y un ciclo de vida más largo que los materiales NMC o NCA. Para el final de esta década, Bloomberg estima que predominarán nuevas químicas que usen más manganeso para reducir la presión sobre el níquel.

¿Qué otras químicas a base de litio están en desarrollo para el ánodo y el electrolito de la batería?

Actualmente el grafito es el material que domina el ánodo en la mayoría de las baterías de iones de litio. Entre sus ventajas están su alta densidad de energía, buena estabilidad y bajo costo. Entre sus limitaciones

está una capacidad de intercalación de litio deficiente.

Los segundos materiales más usados para el ánodo son el litio aluminio y el litio silicio. También está el Óxido de titanato de litio – LTO que tiene como ventajas, entre otros, su alta seguridad, un largo ciclo de vida, alta tasa de carga y descarga y materiales no tóxicos. La desventaja del LTO es su baja densidad de energía, por lo que se usa principalmente en vehículos eléctricos pequeños y baterías estacionarias. Así mismo, están las baterías de litio metálico en el ánodo que tienen una capacidad de recolección de carga mucho mayor que el grafito. Sus desventajas son su alto costo y ciertos problemas técnicos que aún deben superarse. El metal litio no puede ser utilizado con baterías de electrolito líquido, pero su uso puede aumentar significativamente con la batería de estado sólido.

A nivel del electrolito se está buscando alternativas para reemplazar el líquido por el cual circulan los iones de un electrodo al otro. Uno de los más importantes emprendimientos al respecto son las baterías de estado sólido que contarían con un electrolito sólido a base de polímeros y que, en teoría, tendrían un alto nivel de energía específica, una mayor estabilidad térmica, durabilidad, carga más rápida y eliminaría el elemento más inflamable de la batería. Además, permitiría el uso del metal litio en el ánodo, con el que podría almacenar hasta 10 veces más energía que los dispositivos actuales. Sin embargo, aún son más costosas que las tradicionales baterías de ion litio con electrolito líquido.

Según Bloomberg, si las baterías de estado sólido llegarán al mercado en la segunda mitad de esta década, es probable que representen un gran salto en el rendimiento de la batería, extendiendo el rango de los vehículos eléctricos hasta en un 50 %, y reduciendo el tiempo de carga a 15 minutos. Según la AIE, ya se están fabricando baterías de electrolito de estado sólido y ánodo de metal de litio con densidades de 320 Wh/kg, y su mayor desafío es escalar su producción para ser comercialmente viables.

¿Qué hay más allá de las baterías de ion litio?

Nuevas tecnologías que reemplacen o compitan con las baterías de litio aún están en desarrollo. Las más conocidas son las siguientes:

Baterías de flujo redox. Las baterías de flujo es una forma de batería recargable de larga duración, que funcionan haciendo fluir un electrolito a través de una serie de placas. En comparación con las baterías de iones de litio pueden lograr una menor degradación, una seguridad mejorada y tener una vida útil casi ilimitada. Servirían más para aplicaciones residenciales y estacionarias a gran escala, para vehículos eléctricos serían demasiados grandes. Sin embargo, son comparativamente menos potentes que las baterías de iones de litio y requieren una electrónica más sofisticada.

Aluminio-aire. Funcionan aprovechando la electricidad generada cuando las placas de aluminio reaccionan con el oxígeno del aire. Entre sus virtudes están que tiene una densidad de energía más alta, el aluminio utilizado en una batería podría alcanzar los 2500 Wh/kg, es más barata y segura. La India es el país que está impulsando esta tecnología, en lugar del litio como material clave porque tiene escasez de litio y grandes reservas de bauxita, mineral utilizado para fabricar aluminio. Entre los principales inconvenientes, están los costos de los materiales que deben agregarse y que no es recargable, la batería sería intercambiable.

¿Y los vehículos a hidrógeno?

El hidrógeno que es el elemento químico más ligero que existe, puede ser almacenado en pilas de combustible de hidrógeno para generar electricidad a través de un proceso químico. Las aplicaciones de las pilas de combustible de hidrógeno pueden ser en el transporte (pasajeros, aviación, refrigeración y barcos), en la industria (aceros, químicos y calefacción), en edificios (calefacción) y refinerías.



La pila de combustible de hidrógeno es una opción que se viene desarrollando como alternativa a las baterías de ion litio, pero que aún tiene una serie de problemas a nivel de costo, potencia, eficiencia, durabilidad, entre otros. El auto a hidrógeno tiene cierto parecido con un auto a combustión pues se recarga en surtidores de hidrogeno y genera electricidad a partir de una reacción química entre el hidrógeno y el oxígeno. La principal ventaja de un auto de pila de combustible de hidrógeno es que el tiempo de recarga es muy rápido, casi similar al de un auto a gasolina, y puede tener una autonomía de viaje de 600 km. Sin embargo, su desventaja es el costo elevado de producción y la poca existencia de estaciones de hidrógeno para recargar el vehículo. Instalar una estación de recarga de hidrógeno cuesta 10 veces más que la instalación de una estación para recarga de moviidades eléctricas.

Actualmente, existen importantes inversiones en tecnología de pilas de combustible de hidrógeno. Toyota, en particular, afirma que los autos híbridos con tanques

de hidrógeno serán competitivos durante los próximos 30 años, y que los vehículos eléctricos a batería no son necesariamente el futuro.

Una de las polémicas sobre las pilas de combustible de hidrógeno es en relación a cómo se obtiene el hidrógeno: las variedades de hidrógeno marrón, gris y azul provienen de combustibles fósiles. Por su parte, la variedad de hidrógeno verde, que sería la opción más sostenible, requiere de grandes cantidades de electricidad.

Liebreich, reconocido analista y crítico del hidrógeno, afirma que “el sector petrolero está presionando por coches de hidrógeno ineficientes porque quiere retrasar la electrificación”. Él también se opone al uso de hidrógeno verde en ciertos sectores donde existen soluciones eléctricas más baratas y eficientes, como los automóviles y la calefacción doméstica. Además, indica que las grandes corporaciones del petróleo y el gas, están gastando decenas de millones de euros en cabildear con los gobiernos para promover esta tecnología.

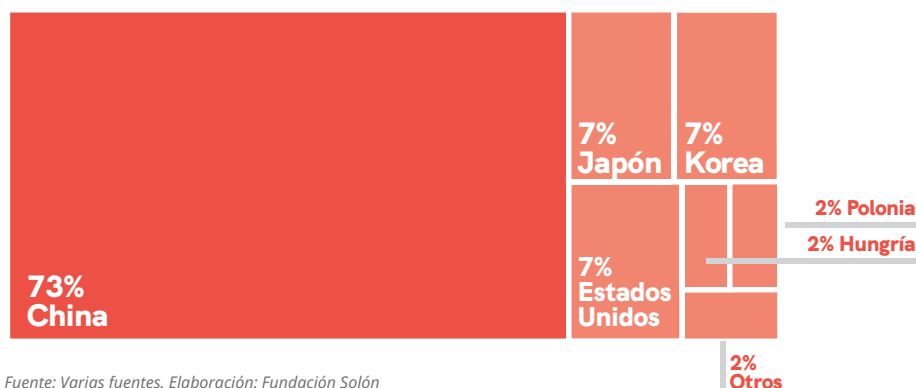
FABRICACIÓN

¿Cuál es la capacidad instalada de fabricación de baterías de litio?

Las baterías se miden en kWh (kilo vatios por hora). Cuanto mayor es la cantidad de kWh de una batería mayor es la cantidad de energía que puede almacenar. Actualmente, la capacidad de una batería oscila entre los 35 kWh en coches pequeños (Honda e) y 100 kWh (Tesla Model S). Mientras más kWh tiene una batería más kilómetros puede recorrer el vehículo eléctrico sin necesidad de recargar la batería.

La capacidad instalada de las fábricas de baterías de litio se mide en millones de kWh o un GWh (giga vatios por hora). En el 2010, la capacidad instalada para la producción de baterías de litio para diferentes usos era de apenas 6 GWh. Entre el 2010 y el 2019 esa capacidad instalada para la fabricación de celdas de baterías de ion litio se multiplicó 73 veces. En el 2019 la capacidad instalada alcanzó 442 GWh. China es el país con la mayor capacidad de producción de baterías de litio (73%) seguido de Japón, Corea y EE.UU., que en 2019 cada uno tenían una participación de alrededor de 7%.

Capacidad de fabricación de baterías de ion litio por países 2019



Fuente: Varias fuentes. Elaboración: Fundación Solón

El 2020, según la Agencia Internacional de Energía (AIE), la capacidad instalada en el mundo para la producción de baterías de litio para vehículos eléctricos alcanzó los 300 GWh al año y utilizó el 53% de su capacidad instalada.

El principal destino de las baterías de litio son los vehículos eléctricos (58% en 2019), los artículos electrónicos portátiles (24%) y otros usos (18%). El sector que más crece es el de baterías para vehículos eléctricos que aumentó 300 veces durante la última década.

¿Cuáles son las principales empresas que fabrican celdas de litio?

En 2020, el mayor fabricante de celdas de baterías de litio, según su capacidad instalada, era LG Energy Solution de Corea del Sur, subsidiaria independiente de LG Chem. Esta compañía cuenta con 5 plantas con una capacidad instalada total de 81 GWh y suministra baterías de litio a Fiat Chrysler Automobiles (FCA), Ford, Geely, General Motors, Hyundai, Jaguar, Renault-Nissan-Mitsubishi (RNM), Tesla, VW y Volvo. En segundo y tercer lugar se encuentran las compañías chinas CATL y BYD con capacidades instaladas de 72 GWh y 62 GWh. Estas empresas chinas suministran baterías de litio a varias empresas chinas y a empresas de otros países como BMW, Toyota, RNM, VW y otras. En cuarto lugar, se encuentra Panasonic de Japón con 54 GWh de capacidad instalada. Panasonic tiene una alianza con Tesla de EE.UU. que involucraba la mitad de su producción en 2019. Panasonic junto a Tesla producirá baterías libres de cobalto en los próximos dos a tres años. Los principales fabricantes de baterías de litio se encuentran en Asia.

¿Cuál la producción de baterías de litio para vehículos eléctricos?

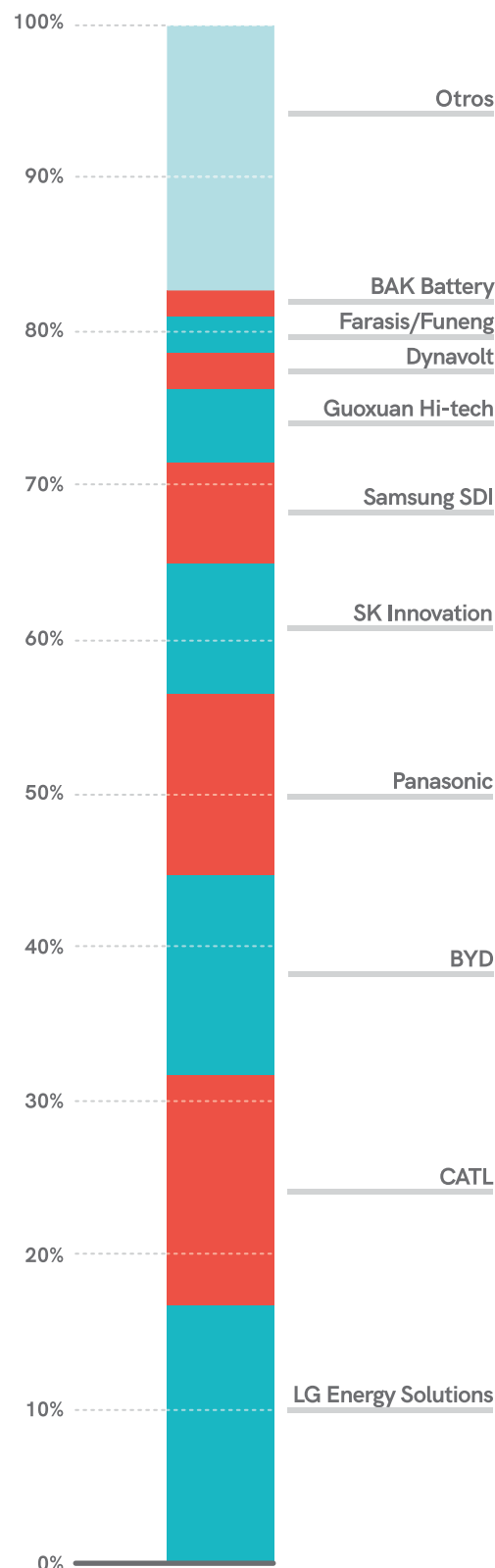
La capacidad máxima teórica de las plantas de baterías de litio rara vez se alcanza debido a problemas técnicos y logísticos. Por ejemplo, a veces se producen desaceleraciones por la escasez de cobalto, cátodos, problemas de control de calidad y otros.

Según la AIE, en el 2020 la producción de baterías de litio para vehículos eléctricos fue de 160 GWh y representó un crecimiento del 33% en relación al 2019. China concentró la mayor parte de la producción de baterías con casi 80 GWh en 2020, mientras que Europa tuvo el mayor aumento porcentual con 110% para llegar a 52 GWh. Por su parte, Estados Unidos se mantuvo estable con una producción de 19 GWh.

¿Cuánto crecerá la demanda de baterías para vehículos eléctricos?

A pesar de algunos altibajos, la demanda y producción de baterías de litio ha avanzado de forma casi pareja durante los últimos 10 años, sin embargo, para la presente década la situación es compleja y es necesario ver por separado las proyecciones de la demanda y la proyección de la producción de baterías de litio, en especial para vehículos eléctricos. Cómo en el caso de la demanda del carbonato e hidróxido de litio las

Los 10 fabricantes más grandes de baterías de litio según capacidad instalada 2020

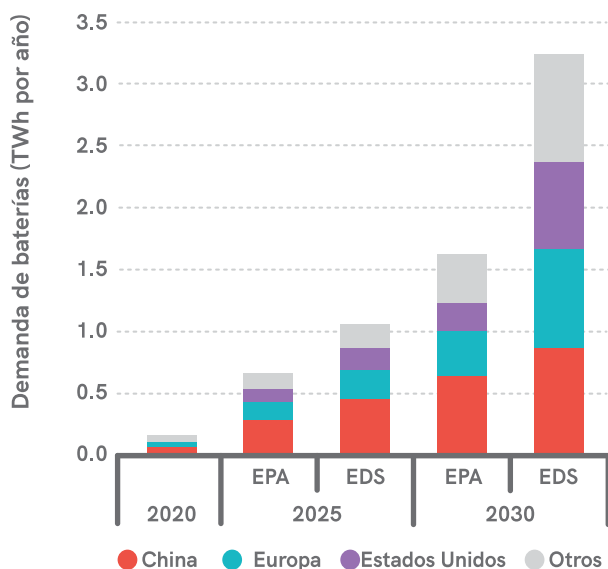


Fuente: Varias fuentes. Elaboración: Fundación Solón

proyecciones varían mucho según las fuentes consultadas y los diferentes tipos de escenarios que consideran.

La AIE prevé que la demanda de baterías para vehículos eléctricos aumente significativamente durante la próxima década, alcanzando 1,6 TWh (tera vatios por hora) para el 2030 en su Escenario de Políticas Actuales (EPA). En su Escenario de Desarrollo Sostenible (EDS), la AIE estima que esa cifra se puede duplicar y llegar a los 3,2 TWh. El Escenario de Desarrollo Sostenible de la AIE considera la implementación de políticas más ambiciosas para la reducción de gases de efecto invernadero. La AIE estima que durante la presente década la mayor demanda seguirá en la China, seguida de Europa y Estados Unidos.

Proyección de demanda de baterías para Vehículos Eléctricos según país para los escenarios EPA y EDS 2020 - 2030



Fuente: Global EV Outlook 2021, Agencia Internacional de Energía (AIE), 2021.
(Adaptación por Fundación Solón)

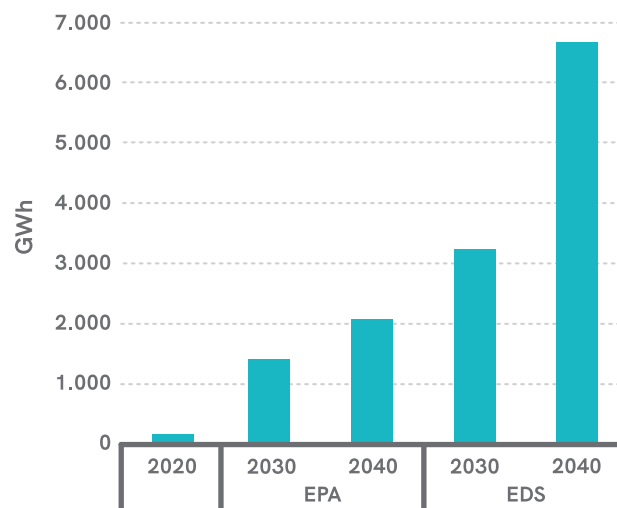
Bloomberg en estima que para el 2030, la demanda de baterías para vehículos eléctricos podría multiplicarse por 15 hasta alcanzar los 2.576 GWh.

Por su parte, Insight en su informe de junio de 2021 proyecta que para el 2030 la demanda de baterías de litio para vehículos eléctricos superaría los 1.7 TWh en 2030.

Como se puede apreciar, las proyecciones al 2030 de demanda de baterías de litio para vehículos eléctricos fluctúa entre 1,6 TWh y 3,2 TWh con una media alrededor de los 2,4 TWh.

Para el año 2040 las proyecciones en general son mucho más ambiciosas. La AIE considerará que la demanda podría estar entre 2 TWh y 6,2 TWh. El escenario más optimista significaría un crecimiento de casi 40 veces en relación al 2020.

Proyección de demanda de baterías para vehículos eléctricos y almacenamiento de energía para los escenarios EPA y EDS 2020 - 2034

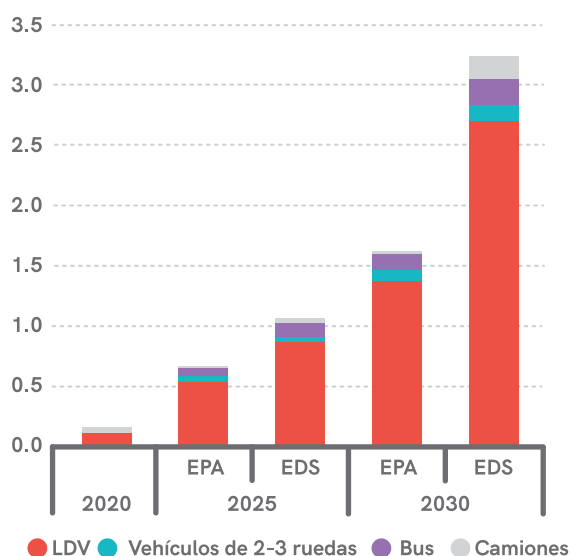


Fuente: Global EV Outlook 2021, Agencia Internacional de Energía (AIE), 2021.
(Adaptación por Fundación Solón)

¿Qué tipo de transportes demandaran más baterías de litio?

A nivel de tipos de vehículos eléctricos, la AIE proyecta que los vehículos eléctricos ligeros (LDV por sus siglas en ingles) representarán el 85% de la demanda de baterías de litio para movidades eléctricas, seguidas de las movidades de 2 a 3 ruedas, buses y camiones.

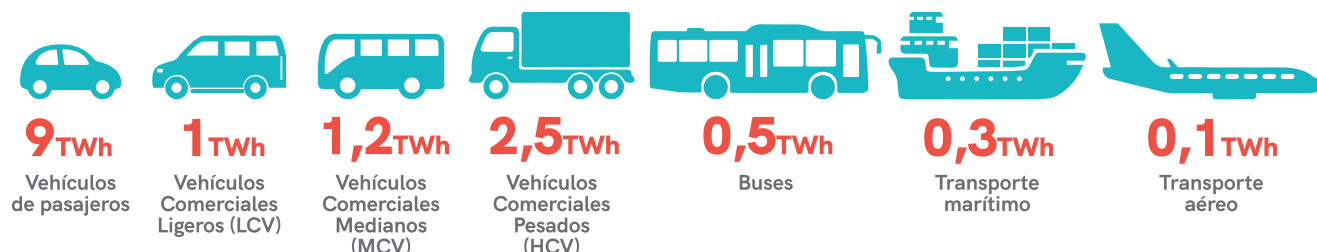
Proyección de demanda de baterías para Vehículos Eléctricos según tipo de movilidad para los escenarios EPA y EDS 2020 - 2030



Fuente: Global EV Outlook 2021, Agencia Internacional de Energía (AIE), 2021.
(Adaptación por Fundación Solón)

La perspectiva según el informe de Transición de Energía de Rystad, es que la demanda de baterías en el sector transporte crezca un 15% anual en promedio entre 2020 y 2050. El sector de automóviles de pasajeros tendrá el mayor crecimiento, representando el 70% del aumento hacia 2050. Los vehículos comerciales pesados serán los segundos más grandes en crecimiento. La aviación y el transporte marítimo (con embarcaciones pequeñas y sistemas auxiliares para embarcaciones más grandes) tendrían un crecimiento más bajo.

Demanda de baterías para el sector de transporte para el 2050 (Terawatt hora)

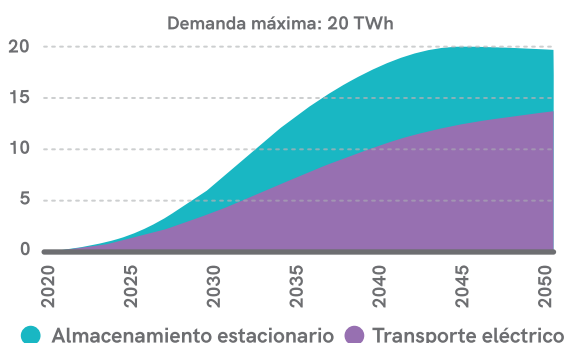


Fuente: Informe de Transición de Energía de Rystad, 2020. Elaboración Fundación Solón

¿Cuál será la demanda de baterías para todo tipo de uso?

Si bien el sector de baterías para transporte (vehículos eléctricos de diferente tamaño y características, marítimo y aviación) es el primer en crecer, a partir de mediados de la presente década Rystad estima que comenzará a crecer también la demanda de baterías estacionarias para la alimentación de edificaciones y redes eléctricas. Sumando toda la demanda de transportes eléctricos y baterías estacionarias, Rystad estima que para el 2045 se alcanzaría el pico de 20 TWh de producción anual de baterías de litio para todos estos usos. En esta proyección Rystad estima que 5 TWh de baterías de vehículos eléctricos se estarían reciclando para baterías de almacenamiento estacionario.

Demanda de baterías para transporte y almacenamiento estacionario 2020 - 2050



Fuente: Rystad Energy BatteryCube (Adaptación por Fundación Solón)

¿Cuáles son las proyecciones de producción de baterías de litio?

Los fabricantes de baterías y las nuevas empresas han anunciado la construcción de ochenta nuevas fábricas en todo el mundo para producir pilas y baterías de

iones de litio, y se necesitarán muchas más durante la próxima década. China está expandiendo su capacidad de producción aún más y mantendrá su liderazgo en la cadena de suministro mundial de baterías y vehículos eléctricos. Europa, aunque todavía está muy por detrás de China y Asia en la producción de baterías y celdas, puede emerger como un jugador importante, con la mayor cantidad de anuncios de nuevas fábricas hasta ahora. Estados Unidos y Norte América mantendrán su actual participación en la producción de baterías quedándose en un tercer lugar.

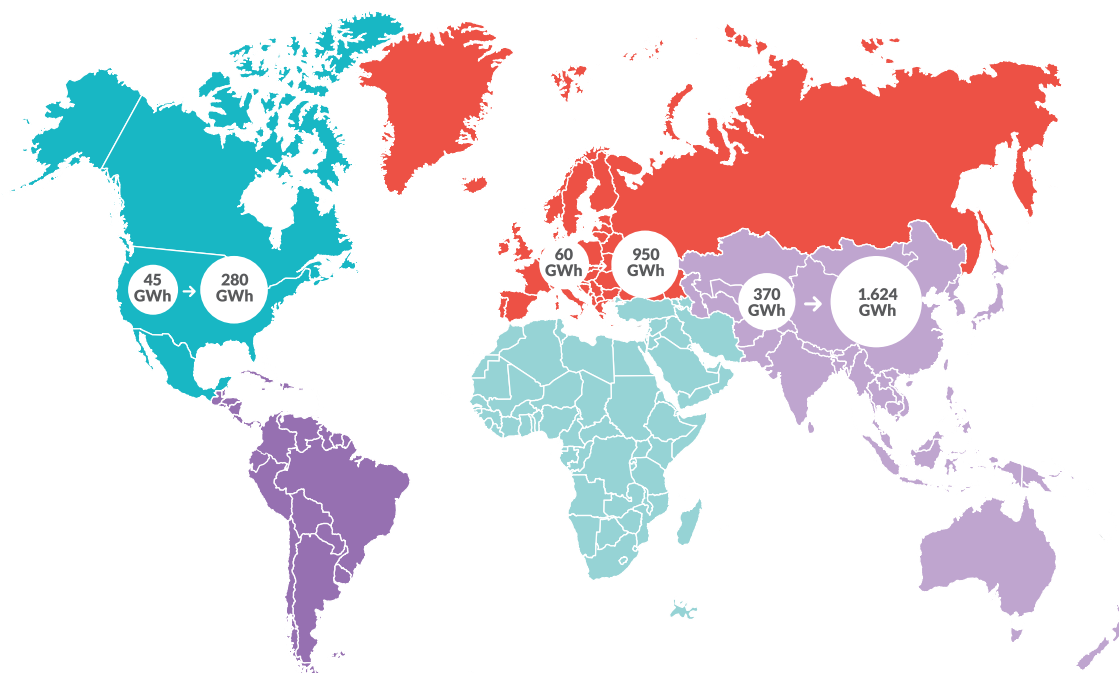
No hay garantía de que todas las giga-fábricas anunciadas se conviertan en realidad, ni de que se puedan alcanzar los ambiciosos objetivos de capacidad de producción de baterías que se han anunciado. Las giga-fábricas requieren una enorme inversión de capital y dependen de una tecnología que cambia rápidamente. La rentabilidad de todas las operaciones no está asegurada.

Según Insight, existen 124 plantas de baterías de litio en el mundo y se están construyendo o se ha anunciado la construcción de otras 102 plantas. A partir de estos datos, Insight prevé que Europa incrementará del 13% al 33% su participación en la producción mundial de baterías de litio para el 2030, y pasará de una capacidad instalada de 60 GWh a 950 GWh. La capacidad instalada en Europa crecería 15 veces en la presente década.

Durante ese mismo período, Asia aumentaría su capacidad instalada más de 4 veces pasando de 370 GWh a 1.624 GWh y disminuiría su participación en la producción mundial de baterías de litio del 77% al 57%. Estados Unidos ha anunciado la construcción de 12 nuevas giga factorías e incrementaría su capacidad de producción de 45 GWh a 280 GWh manteniendo su actual participación del 10 %

Proyección de Plantas de baterías de litio y Capacidad de producción por región 2020 - 2030

Región	Plantas actuales	Futuras plantas en construcción	Total plantas actuales + futuras	Capacidad 2020 (GWh, % de participación)	Capacidad 2030 (GWh, % de participación)
Asia-Pacífico	101	57	158	370 GWh (77%)	1.624 GWh (57%)
Europa	14	33	47	60 GWh (13%)	950 GWh (33%)
Norte América	9	12	21	45 GWh (10%)	280 GWh (10%)
Global	124	102	226	475 GWh	2.854GWh



Fuente: Automotive from Ultima Media. Citada por Insight(Adaptación por Fundación Solón)

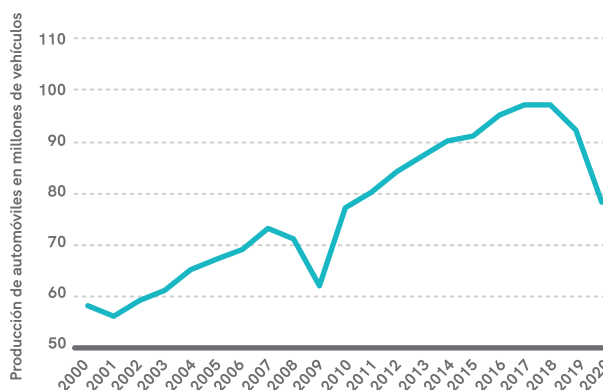
VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

¿Cuántos autos eléctricos existen actualmente?

A nivel mundial se calcula que hay 1.420 millones de vehículos circulando, de los cuales 1.060 serían vehículos de pasajeros y 363 millones vehículos comerciales de diferente capacidad. De acuerdo a Bloomberg, en 2020 existían 12 millones de vehículos eléctricos de pasajeros en la carretera y un poco más de 1 millón de vehículos eléctricos comerciales, incluidos autobuses, furgonetas de reparto y camiones. Es decir, que los vehículos eléctricos representan en la actualidad alrededor del 1 % del total de vehículos que transitan por las calles.

El año 2020 se produjeron 78 millones de vehículos, casi 20 % menos que el 2018 antes de la pandemia.

Producción mundial de vehículos 2000 - 2020



Fuente: Statista Research Department, 2021. (Adaptación por Fundación Solón)

Según Bloomberg, la venta de vehículos eléctricos para pasajeros fue de 3.1 millones el 2020, lo que representa apenas un 4 % del total de vehículos vendidos ese año.

Según un reporte de Insight, las ventas mundiales de vehículos eléctricos de pasajeros aumentaron alrededor del 33 % en 2020 en relación al año anterior. Esto es de destacar ya que mientras las ventas de vehículos en general cayeron un 20 % las de vehículos eléctricos aumentaron un tercio.

¿Qué tipos de vehículos eléctricos existen?

Existen varios tipos de vehículos eléctricos y varias formas de clasificarlos. Según el tipo de fuente de alimentación tenemos:

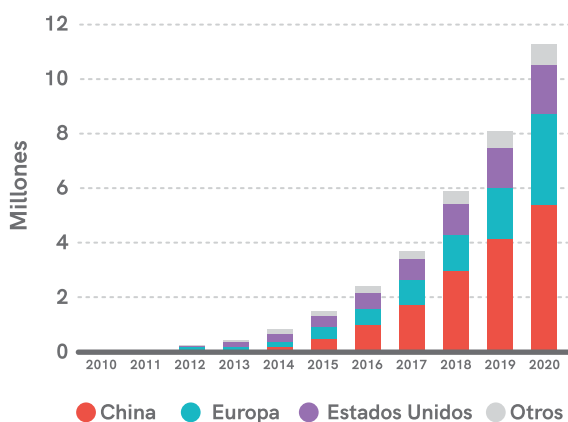
- Vehículo eléctrico de batería (BEV por su sigla en inglés) que no utiliza en absoluto carburantes fósiles;
- Vehículo eléctrico híbrido (HEV) que tiene dos motores uno a combustión y otro eléctrico que es de apoyo;
- Vehículo eléctrico híbrido enchufable (PHEV) que cuenta con una batería de mayor capacidad, que se carga enchufando el vehículo a una fuente externa de energía eléctrica y puede recorrer hasta 60 o 70 km como si fuera un coche eléctrico;
- Vehículo eléctrico de pila de combustible (FCEV) que utilizan hidrógeno almacenado para alimentar un motor eléctrico.

Dentro de cada uno de estos tipos de vehículos eléctricos existen diferentes variantes. También los vehículos eléctricos se clasifican según si son de pasajeros o comerciales, y de acuerdo a su tamaño.

¿Qué país tiene la mayor cantidad de vehículos eléctricos?

China, con casi la mitad de los autos eléctricos del mundo, le sigue Europa y Estados Unidos.

Vehículos eléctricos por países 2010-2020



Fuente: Global EV Outlook 2021, Agencia Internacional de Energía (AIE), 2021.
(Adaptación por Fundación Solón)

Así mismo, China lidera a nivel mundial en cantidad de estaciones de recarga eléctrica lenta (52 %) y estaciones de recarga rápida (82 %) para vehículos eléctricos.

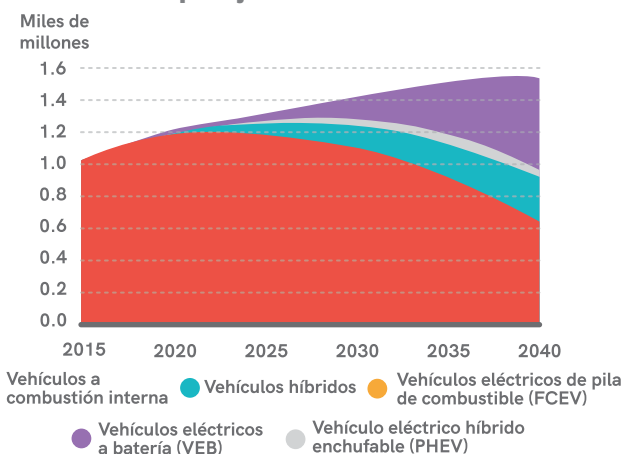
¿Cuál es la proyección para los autos eléctricos?

La AIE estima en su escenario más conservador que los vehículos eléctricos se multiplicarían por 5 hasta sobrepasar la cifra de los 50 millones en 2025, y llegar a los 125 millones circulando por las carreteras hasta el 2030. Esta es una tasa de crecimiento promedio anual de 30 %, y significa pasar de 3 millones de vehículos eléctricos vendidos en 2020, a 15 millones de unidades vendidas en el 2030. En su escenario más ambicioso, la AIE estima que para el 2030 se podría casi duplicar esa cifra.

Bloomberg coincide en que las perspectivas para la adopción de vehículos eléctricos son alentadoras, por una combinación de factores: mayores políticas de apoyo, mejoras tecnológicas, disminución del costo de las baterías, instalación de más cantidad de estaciones de recarga y un compromiso creciente de los fabricantes de automóviles. El incremento significativo de los vehículos eléctricos hasta 2025, sería impulsado principalmente por las regulaciones de dióxido de carbono (CO2) de vehículos de Europa, las regulaciones para la economización de combustibles fósiles en China y varios sistemas de créditos para la adquisición de vehículos eléctricos que se están aplicando en países del norte. Según Bloomberg, para 2025 los vehículos eléctricos de pasajeros llegarían a 54 millones, y los autobuses, furgonetas de reparto y camiones bordearían los 6 millones.

Bloomberg estima que las ventas de vehículos a combustibles fósiles crecerán hasta 2027, para luego empezar su descenso. A pesar del crecimiento relativamente rápido de las ventas de vehículos eléctricos, los autos a combustibles fósiles todavía serán la mayoría del parque automotor a nivel mundial en 2040. Bloomberg proyecta que, en el 2040, habrá todavía en las carreteras 900 millones de vehículos de pasajeros a combustión interna, lo que representaría más de la mitad de la flota de vehículos en el mundo.

Vehículos de pasajeros circulando 2015 - 2040

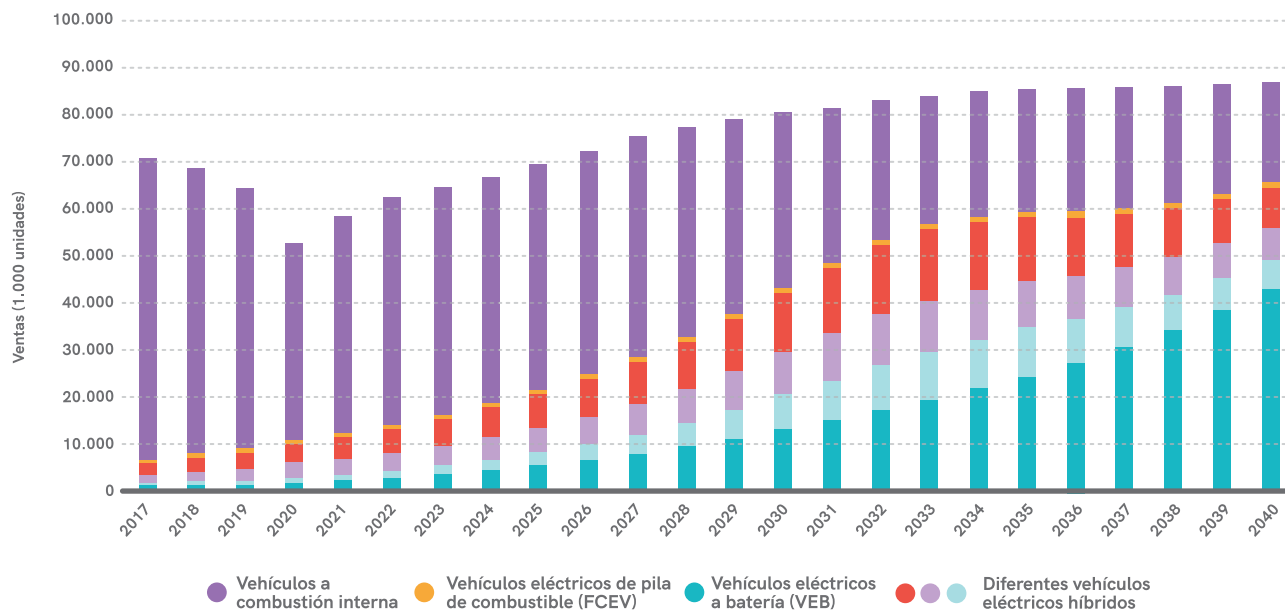


Fuente: BNEF citado por Bloomberg para su Escenario de Transición Económica
(Adaptación por Fundación Solón)

Para Bloomberg, los vehículos eléctricos representan una oportunidad de mercado de 7 trillones de dólares americanos entre hoy y el 2030, y 46 trillones de dólares americanos entre hoy y el 2050.

Insight tiene un pronóstico aún más optimista, y considera que para el 2030 el 53 % de las ventas mundiales anuales de vehículos nuevos serán completamente eléctricos o híbridos de algún tipo. Para el 2040, considera que casi un 75 % de los autos vendidos en ese año serán entre híbridos y eléctricos, de los cuales el 50 % serán completamente eléctricos.

Proyección de ventas de vehículos 2021-2024



Fuente: Automotive from Ultima Media citado por Insight. (Adaptación por Fundación Solón)

Según las proyecciones que cita Insight, la cantidad de autos (a combustión y eléctricos) alcanzaría la meseta de 85 millones de unidades vendidos anualmente para el 2035, y la venta de vehículos a combustibles fósiles empezarían a declinar a partir de 2025, siendo los vehículos eléctricos a batería los que más crecerían y representarían más de la mitad de las ventas para el 2040.



EL FUTURO DEL LITIO

¿Cuáles son las proyecciones de la demanda de litio a nivel mundial?

La pandemia ha mostrado que el futuro es todo menos predecible. Todas las proyecciones están sujetas a una serie de variables de carácter sanitario, económico, ambiental, político, social, entre otras. Según la fuente y el año del estudio las proyecciones pueden variar significativamente.

En general, todos los estudios coinciden en que el principal motor del consumo serán los vehículos eléctricos que podrían multiplicar por 14 la demanda

de carbonato de litio equivalente (LCE) hasta el final de la década (2030) en relación al año 2019. Los vehículos eléctricos de representar un 31% de la demanda de LCE en el 2019 podrían pasar a constituir casi el 80% de la demanda para 2030.

Por otro lado, el hidróxido de litio que en 2019 representa tan sólo el 22% de LCE se multiplicaría por 10 hasta el final de la década y pasaría a significar un poco más de la mitad de la oferta de litio.

Balance de demanda y oferta de litio 2016-2030

Categoría	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Demanda (kt. LCE)	204	246	288	323	317	429	497	580	679	839	985	1.157	1.357	1.573	1.793
Vehículos eléc. (kt. LCE)	31	58	85	102	75	176	233	303	394	540	671	828	1.011	1.209	1.416
Otros (kt. LCE)	167	188	203	221	242	254	265	277	286	299	314	329	346	364	377
Oferta (kt. LCE)	195	222	304	324	327	407	492	603	758	880	1.056	1.193	1.281	1.318	1.367
Carbonato (kt.)	133	170	233	241	243	291	330	387	472	530	599	650	678	686	698
Hidróxido (kt.)	51	42	55	73	78	104	153	210	286	354	472	566	632	664	703
Otros (kt.)	18	18	26	22	18	28	31	36	39	43	48	52	54	55	57
Balance	-10	-24	17	2	10	-22	-5	23	79	41	71	35	-76	-255	-426

Nota: Sin incluir conversión a partir de stocks.

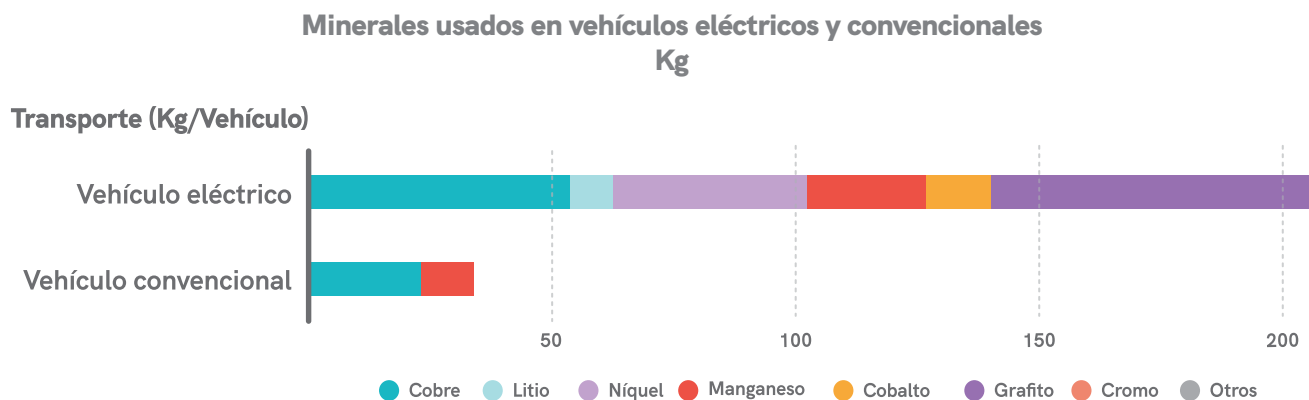
Fuente: Cochilco (Elaboración por Fundación Solón)





¿Cuál es la situación de los otros minerales que requiere un vehículo eléctrico?

Las baterías de ion litio y los autos eléctricos no están hechos sólo de litio. En consecuencia, la demanda de litio puede ser afectada por un desarrollo más lento o escases de otros minerales. Un vehículo eléctrico requiere de cobre, níquel, manganeso, cobalto, grafito, cromo y otros minerales. La siguiente gráfica muestra la cantidad de kg que se necesita de cada uno de estos minerales para la fabricación de un vehículo eléctrico.



Fuente: *The role of critical minerals in clean energy transitions*, Agencia Internacional de Energía (AIE), 2021. (Adaptación por Fundación Solón)

Varios de estos minerales como el cobalto, el cromo y el manganeso son considerados ya críticos.

El futuro de la demanda del litio también depende de los impactos socio ambientales que puede producir una sobreexplotación del litio en diferentes territorios donde se encuentra. Considerar al litio sólo como una materia prima llevará a reproducir los ciclos de extractivismo sufridos por otros minerales.

BIBLIOGRAFÍA

- Electric Vehicle Outlook 2021. Bloomberg NEF <https://about.bnef.com/electric-vehicle-outlook/>
- Electric Vehicle Battery Supply Chain Analysis. How Battery Demand and Production are Reshaping the Automotive Industry. Insight. Update June 2021 <https://www.automotivemanufacturingsolutions.com/emobility/electric-vehicle-battery-supply-chain-analysis-2021-how-lithium-ion-battery-demand-and-production-are-reshaping-the-automotive-industry/41938.article>
- Global EV Outlook 2021. Accelerating ambitions despite the pandemic. International Energy Agency - IEA. Sitio web: www.iea.org
- The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions. World Energy Outlook Special Report. International Energy Agency - IEA. Sitio web: www.iea.org
- Innovation in batteries and electricity storage. A global analysis based on patent data. European Patent Office and International Energy Agency. September 2020. Sitio web: www.iea.org
- Battery Society. Rystad Energy Transition Report. March 2021. Sitio web: <https://www.rystadenergy.com/>
- Energy Societies in 2050. Rystad Energy Transition Trends. December 2020. Sitio web: <https://www.rystadenergy.com/>
- Hydrogen Society. Rystad Energy Transition Report. February 2021. Sitio web: <https://www.rystadenergy.com/>
- Energy Transition Outlook 2021. Technology Progress Report. DNV. Sitio web: <https://www.dnv.com/>
- Lithium and the Global Battery Arms Race with Simon Moores. Postcast. <https://hcin Insider.global/lithium-and-the-global-battery-arms-race/>
- Minerals for Climate Action: The Mineral Intensity of the Clean Energy Transition. Climate – Smart Mining. World Bank Group. Sitio web: www.worldbank.org
- Huisman, J., Ciuta, T., Mathieux, F., Bobba, S., Georgitzikis, K. and Pennington, D., RMIS – Raw materials in the battery value chain, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2020, ISBN 978- 92-76-13854-9, doi:10.2760/239710, JRC118410
- Battery Storage: A Primer. Emerging Energy Solutions. A series on emerging energy trends and opportunities from International Finance Corporation-IFC. May 2020
- From dirty oil to clean batteries. Batteries vs. oil: a systemic comparison of material requirements. Transport and Environment. March 2021
- Technical Guideline Tools for harmonization of data collection on Batteries https://orama-h2020.eu/wp-content/uploads/ORAMA_WP4-1_Guidance_To_Data_Harmonization_For_SRM_for_Batteries.pdf
- Technical Guideline Tools for harmonization of data collection on Batteries https://orama-h2020.eu/wp-content/uploads/ORAMA_WP4-1_Guidance_To_Data_Harmonization_For_SRM_for_Batteries.pdf
- The Hidden Science Making Batteries Better, Cheaper and Everywhere. Bloomberg. https://www.bloomberg.com/graphics/2021-inside-lithium-ion-batteries/?cmpid=BBD042721_GREENDAILY&utm_medium=email&utm_source=newsletter&utm_term=210427&utm_campaign=greendaily
- A Major EV Battery Bet for India Is on Aluminum Over Lithium. Bloomberg. <https://www.bloomberg.com/news/articles/2021-07-01/india-gives-aluminum-battery-a-chance-to-take-on-lithium-in-evs>
- QuantumScape says its technology is ready to move from the lab to VW's dealerships. But this secretive startup is very familiar with failure. Bloomberg
- Lithium Australia takes key step in next-generation battery chemistry push. <https://thewest.com.au/business/public-companies/lithium-australia-takes-key-step-in-next-generation-battery-chemistry-push-c-3343905>
- Tesla is expected to be first to use LG's new NCMA nickel-based battery cells. <https://electrek.co/2021/06/02/tesla-first-lg-new-nema-nickel-based-battery-cells/>
- Liebreich: "Oil sector is lobbying for inefficient hydrogen cars because it wants to delay electrification" <https://www.rechargenews.com/energy-transition/liebreich-oil-sector-is-lobbying-for-inefficient-hydrogen-cars-because-it-wants-to-delay-electrification-2-1-1033226>
- La batalla climática determinará quién lidera la economía mundial. El País. <https://elpais.com/economia/2021-03-28/la-batalla-climatica-determinara-quien-lidera-la-economia-mundial.html>
- La demanda de litio irá a un mayor ritmo que la oferta. BNAmericas. <https://www.bnamericas.com/es/entrevistas/la-demanda-de-litio-ira-a-un-mayor-ritmo-que-la-oferta>
- El Blog de Ignacio Mártil. Varios artículos sobre baterías. <https://blogs.cdecomunicacion.es/ignacio>
- ¿Qué es una batería y cómo funciona? <https://www.ingmecafenix.com/electronica/que-es-una-bateria/>



FUNDACIÓN *Solón*

Investigación: José Carlos Solón, Ximena Montaña Sandoval y Pablo Solón

Diseño general y diagramación: Valeria Blacutt

La Paz, junio 2021

www.fundacionsolon.org

E-mail: info@fundacionsolon.org

Tel: 591-2-2417057

Dirección: Casa Museo Solón,

Av. Ecuador N° 2517, La Paz, Bolivia



Fundación Solón

DEL SALAR AL VEHÍCULO ELÉCTRICO

La cadena del litio

**EVAPORACIÓN Y
SEPARACIÓN DEL LITIO
DE LA SALMUERA**



**PROCESAMIENTO
HASTA ALCANZAR CARBONATO
DE LITIO O HIDRÓXIDO DE LITIO
GRADO BATERÍA**



**PRODUCCIÓN
DE MATERIAL
CATÓDICO PARA
BATERÍAS ION
DE LITIO.**



Es necesario señalar, que de la salmuera se puede obtener otros subproductos a partir del potasio, magnesio, boro y otros. Asimismo, mientras la extracción de litio está concentrada en Chile, Australia y Argentina, la producción de baterías y vehículos eléctricos se realiza en la China, Japón, Corea del Sur, Europa y Estados Unidos.

Esta es una versión simplificada de la cadena de valor del litio destinada a la producción de vehículos eléctricos, no incluye las cadenas de valor de otros minerales necesarios para la fabricación de dichos transportes.

**+ PRODUCCIÓN DE CELDAS
PARA BATERÍAS**



**PRODUCCIÓN DE MÓDULOS
Y PACKS DE BATERÍAS**



**PRODUCCIÓN DE
VEHÍCULOS ELÉCTRICOS**

