

11. Prospectiva del litio mexicano en la transición energética hacia una economía libre de carbono

VÍCTOR MANUEL LÓPEZ LÓPEZ*

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.257.11>

Resumen

El fenómeno de calentamiento global está incidiendo en los patrones climáticos mundiales, propiciando el cambio climático. La mayoría de los científicos coinciden en responsabilizar de ese cambio a las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero a la atmósfera. El principal de esos gases es el dióxido de carbono, que procede en gran proporción del sector energético que utiliza combustibles fósiles para la generación de electricidad.

La necesidad de reducir esas emisiones implica, entre otros objetivos, lograr el cero neto de emisiones de gases de efecto invernadero, lo cual representa grandes desafíos y costos, tales como el aumento masivo en la generación de energías limpias, vehículos eléctricos y su correspondiente infraestructura, etcétera. A ese proceso global y local se le llama transición energética, que requiera sustituir paulatinamente los hidrocarburos y el carbón por las energías renovables. Este quiebre en la dependencia de las energías tradicionales ha sido impulsado por las prestaciones del litio y la mejora en la eficiencia y reducción de costos de las baterías recargables, que tienen a ese elemento mineral como protagonista del almacenamiento de la electricidad.

* Doctor en Ingeniería Sustentable, Desarrollo Sostenible. Profesor-investigador en la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura Unidad Zacatenco del Instituto Politécnico Nacional. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5694-2369>

En coincidencia con esa relevancia económica y tecnológica del litio, que se traduce en múltiples aplicaciones en la sociedad moderna, especialmente por su utilización en la fabricación de baterías para vehículos eléctricos, en sistemas estacionarios de almacenamiento de grandes cantidades de energía y en menor proporción en otras industrias, México emerge como un productor potencial de litio, con la salvedad de que la fuente del recurso se supedita por ahora únicamente a un yacimiento en arcillas, ubicado en el estado de Sonora, para cuyo aprovechamiento no se conoce públicamente alguna tecnología comercial disponible.

Simultáneamente a la utilización señalada, el litio podría desempeñar un papel importante en el desarrollo económico de los países que lo poseen, como el nuestro, lo que apremiaría a tomar medidas orientadas a promover capacidades tecnológicas y productivas locales. Al mismo tiempo, se ha desarrollado la certeza de que el paso hacia la electromovilidad ofrece a los países latinoamericanos que poseen abundantes recursos del metal una oportunidad para variar el papel tradicional de proveer materias primas a los mercados mundiales; para lo cual esos países productores del mineral deberían generar capacidades locales que les permitan crear valor agregado al recurso minero

Inscrito en esos propósitos, el Gobierno de México ha decretado que el litio es patrimonio de la nación y su exploración, explotación, beneficio y aprovechamiento se reserva en favor del pueblo de México. En esa perspectiva de la cadena de valor del litio mexicano nacionalizado, se ha creado el organismo público descentralizado LitioMx, Litio para México, que nace con amplias competencias que incluyen el desarrollo de programas estratégicos y de proyectos de ingeniería e investigación, buscando retener el procesamiento del litio en territorio mexicano, así como fomentar la transferencia de tecnología al país y la creación de empleo local, para colaborar de esa manera con la transición energética hacia una economía libre de carbono.

Palabras clave: *calentamiento global, cambio climático, transición energética, litio, mercado del litio.*

Introducción

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC, por sus siglas en inglés), así como gobiernos, investigadores y activistas del clima de todo el mundo coinciden en la idea de que, para una acción efectiva para enfrentar al cambio climático, es indispensable la disminución del calentamiento global que está cambiando los patrones del clima. Esa acción adecuada se refiere, entre otros objetivos, a lograr el cero neto de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), aspiración que representa grandes desafíos y costos socioeconómicos, tales como el vasto aumento en la generación de energías renovables, vehículos eléctricos, baterías de ion litio y su minería sustentable, gobernanza socioeconómica y la correspondiente enorme infraestructura que se necesitará; lo cual, a su vez, requerirá mucho más recursos minerales y materiales que las tecnologías de energía y vehículos convencionales de las que dependemos hoy día.

A ese procedimiento se le ha denominado transición energética, que implica pasar de la era del uso masivo de hidrocarburos y carbón a la fase de las energías renovables que dependen principalmente de minerales y materiales procesados que tendrá implicaciones de largo alcance, en cuyo traslado el litio es el elemento esencial para lograrlo a través del almacenamiento de las energías renovables de generación intermitente, solar y eólica, principalmente.

En concreto, la transición energética se define como el proceso que busca cambiar el sistema energético actual basado en los combustibles fósiles a uno de bajas o nulas emisiones de carbono, basado en fuentes de energías renovables.

Las principales componentes de la transición energética, aunque no limitativas, son los siguientes:

- Energías renovables
- Electromovilidad
- Litio (Li), entre otros minerales críticos
- Eficiencia energética y uso racional de energía
- Otros reemplazos de los combustibles fósiles

El litio ha asumido un carácter crítico en la transición global hacia una economía menos dependiente de combustibles fósiles, caracterizada por un progresivo cambio en las modalidades de generación de energía y por una mayor electrificación de los usos finales. Como contrapartida de ello, ha crecido la importancia estratégica del litio en los países de la región latinoamericana que cuentan con recursos abundantes de este elemento mineral. En el espacio geográfico comprendido en el norte de Argentina, Chile y el de Bolivia denominado “el triángulo del litio”, que contiene 58% de los recursos mundiales de litio, se construyó en los últimos años un imaginario socio tecnológico en torno a ese recurso litífero, de acuerdo con el cual, semejante proporción de litio, podría desempeñar un papel importante en el desarrollo económico de esos países; lo que se ha traducido en la implementación de distintos tipos de medidas orientadas a promover capacidades tecnológicas y productivas locales vinculadas al litio.

En otras palabras, se ha elaborado una narrativa de desarrollo en torno al recurso que descansa en la idea de que la transición a la electromovilidad global ofrece a los países que tienen abundantes recursos de litio una oportunidad para evadir el papel tradicional de proveedor de materias primas a los mercados mundiales. Para ello, los países deberían generar capacidades locales que les permitan crear valor (y capturar dicho valor) en torno al recurso de litio. De cierta manera, nuestro país se ha incorporado a este pensamiento nacionalista al conocerse públicamente en el año 2019 la potencialidad litífera de México y difundirse la noticia en los medios de comunicación de que en Bacadéhuachi, Sonora, se encuentra el yacimiento de litio en arcillas más grande del mundo.

A este respecto, es importante destacar las diferencias conceptuales que tienen los términos *recursos* y *reservas* de litio, lo cual es de suma importancia a la hora de evaluar la distribución del litio, y de cualquier otro mineral, y sus implicaciones en el desarrollo socioeconómico.

Por definición, un *recurso mineral* es una concentración de material de interés económico, dentro o sobre la corteza terrestre, de tal forma que, por su calidad y cantidad, tiene perspectivas razonables para una eventual explotación. Por su parte, una *reserva mineral* es la proporción de los recursos medidos cuya explotación es económicamente factible bajo las condiciones imperantes al momento de la evaluación. Esas reservas se definen median-

te estudios de prefactibilidad y factibilidad, y se subdividen en orden del incremento de la confianza en reservas de mineral probable y reservas de mineral probado.

México tiene importantes recursos de litio ubicados en al menos 18 entidades federativas, sobre todo en la modalidad de arcillas; pero también en rocas y en algunos salares. Ante estos hallazgos emergentes, es conveniente recordar que el modelo económico de nuestra constitución, establecido en los artículos 25°, 26°, 27° y 28°, es de economía mixta; lo cual significa que le corresponde al Estado la rectoría del desarrollo nacional, para garantizar que éste sea integral y sustentable y que fortalezca la soberanía nacional y a su régimen democrático.

Derivado del contenido en el párrafo anterior, en abril de 2022 se reformó y adicionaron diversos preceptos a la Ley Minera, mediante los cuales se reconoce que el litio es patrimonio de la nación y se declara de utilidad pública la exploración, explotación y aprovechamiento de ese mineral crítico.

Al mismo tiempo, para una correcta gestión de la extracción y beneficio del litio recién nacionalizado, se requiere un régimen fiscal que permita una adecuada apropiación, uso y distribución de la renta económica minera.

Esa renta económica surge cuando existe un factor de producción cuya oferta es fija, en donde los recursos mineros son también fijos, al menos durante periodos relativamente largos. En el caso de las empresas dedicadas a la explotación del litio, el negocio les representa una ganancia extra a la que tendrían para realizar otra inversión; en tanto que para el Estado es una de las principales preocupaciones del régimen tributario sobre la minería.

Con relación a esto último, al Estado mexicano le interesarían los instrumentos de tributación para el subsector del litio, particularmente los impuestos sobre utilidades, regalías o *royalties* (específicos, sobre utilidades, *ad valorem*), e impuestos sobre la renta económica.

Por otra parte, en vista de que el Estado administrará el recurso del litio a través de la empresa paraestatal LitoMx, se espera una total transparencia que reduzca las tentaciones de corrupción y la mala administración de los fondos públicos, para lo cual será fundamental fortalecer la gobernanza y la credibilidad en el régimen fiscal.

El potencial del litio para la transición energética mundial y de México

En los debates relacionados con la transición energética y sobre la necesidad de reducir la dependencia de los combustibles fósiles, sin ser un combustible o tipo de energía, el litio ha adquirido un nuevo rol con enormes expectativas; pues, actualmente, se ha transformado en un mineral “maravilla”, ya que posee cualidades que le permiten almacenar energía de modo muy eficiente y, al ser maleable, puede ser adaptado a diferentes diseños, formas y tamaños de depósitos de almacenamiento. Estas características lo han transformado en un mineral clave para la fabricación de baterías, portátiles y sistemas estacionarios de grandes dimensiones, de alta densidad energética y a gran escala, que estabilizan redes eléctricas, y baterías para vehículos eléctricos y una amplia variedad de artefactos electrónicos.

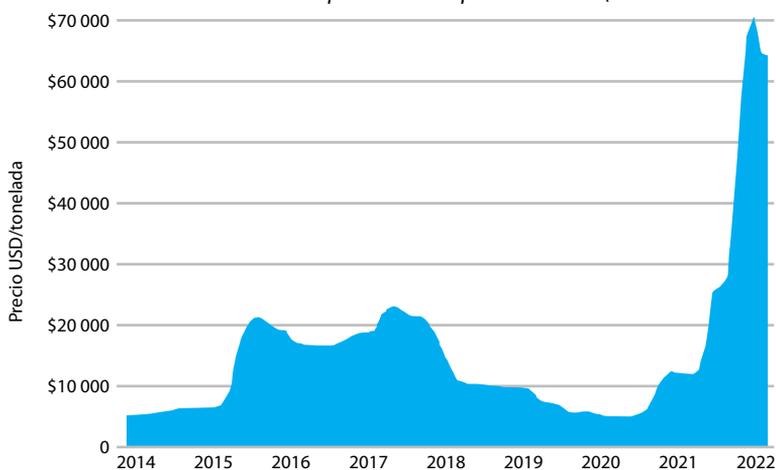
Al permitir el almacenamiento de la electricidad generada por las plantas de energía renovable, principalmente solar fotovoltaica y eólica, cuya principal desventaja reside en su generación intermitente, porque no siempre se dispone de sol o de viento y porque no puede ser largamente almacenada, el uso del litio para la fabricación de baterías de todo tipo puede llevar a una reducción considerable de las emisiones de GEI. Sumado a esto, una vez que se desarrolle suficientemente la infraestructura para que las baterías de litio de los vehículos eléctricos se recarguen con energías renovables y no con energías fósiles, como sucede en la actualidad, se tendrá un valor adicional en la reducción de emisiones. De este modo, el uso del litio se presenta como una alternativa frente a la crisis climática mundial que, según la Organización de las Naciones Unidas (ONU), se ha constituido en uno de los mayores desafíos ambientales globales del siglo XXI.

Es así como el litio ha adquirido un carácter crítico en la transición global hacia una economía menos dependiente de los combustibles fósiles que propician el sobrecalentamiento de la atmósfera y el cambio de los patrones climáticos, al mismo tiempo, la demanda y los precios del litio se han disparado en el mercado internacional (gráfica 11.1). Ese carácter del mineral se ubica fundamentalmente en el aumento de la producción de baterías de ion de litio (BiL), proceso que a mediados del año 2024 estaba

motorizado por el crecimiento de la electromovilidad en China, país que posee 54% (más de 15 millones de unidades) de los vehículos eléctricos del mundo, secundado a la distancia por la Unión Europea y Estados Unidos.

De acuerdo con la ONU, se considera electro movilidad o movilidad eléctrica a todo medio de desplazamiento de personas o bienes que resulta de un vehículo impulsado con energía 100% eléctrica, con tecnología cero emisiones, sin escape o mufla, y que no contenga motor de combustión (ONU, 2018).

Gráfica 11.1. *Tendencia mundial explosiva de los precios de litio (carbonato de litio).*



Fuente: <https://www.investing.com/>

México parece no querer quedarse atrás en esa dinámica de movilidad global inevitable, pues en junio de 2023 la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) publicó la Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica (ENME). Esta estrategia pretende contribuir a reducir la dependencia de los hidrocarburos y su consiguiente emisión de GEI, así como identificar las acciones necesarias para establecer las condiciones técnicas, tecnológicas, financieras y legales para la transición ordenada a la movilidad eléctrica; en consecuencia, es necesario que, próximamente, le siga la iniciativa de Ley de Electromovilidad y su reglamento.

Según la Semarnat (2023), desarrolló la ENME

[...] desde una perspectiva sustentable que permita reducir las emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero y contaminantes climáticos de vida corta del sector transporte, a través de la incorporación del principio central del establecimiento de metas de reducción de emisiones, para lograr el cumplimiento de las metas de mitigación en la Contribución Determinada a Nivel Nacional (esfuerzo de cada país para reducir las emisiones de GEI), en observancia del Acuerdo de París.

La estrategia establece que

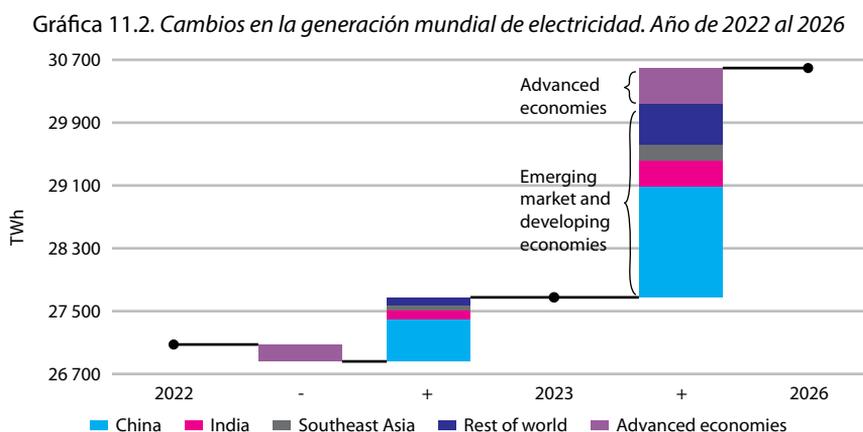
En las últimas décadas, el transporte ha evolucionado priorizando el uso de combustibles fósiles, tanto en México como en el resto del mundo. Esto ha provocado un aumento en las emisiones de gases de efecto invernadero, que son responsables del cambio climático, así como de contaminantes, criterio que afectan la calidad del aire en las principales ciudades del país y provocan importantes repercusiones en la salud pública. Ante esta situación, la SEMARNAT ha reconocido la movilidad eléctrica como una opción viable desde el punto de vista social y ambiental. La adopción de la movilidad eléctrica busca abordar la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y, a su vez, de los niveles de contaminación atmosférica, con el objetivo de mejorar la movilidad y la calidad de vida de la población. El transporte sostenible debe ir de la mano con la justicia social y la inclusión, para que todas las personas puedan beneficiarse por igual de los avances tecnológicos. (CONAMER, 2023)

Algo concluyente que no se menciona en esa estrategia es que la generación de energía eléctrica, que alimentará a las baterías de los vehículos eléctricos de esa movilidad, debe ser a partir de fuentes renovables de energía; de lo contrario, sólo se estaría cambiando el lugar del uso de combustibles fósiles contaminantes desde los congestionados centros urbanos, donde los automotores queman los hidrocarburos, al lugar donde se ubican las termoeléctricas que utilizan combustibles fósiles (75.60%, según el 5º informe de la Sener de 2023), para generar la electricidad que se almacenará en las baterías.

Esta gran realidad no la mencionan, ni la estrategia en comento ni los

funcionarios y políticos que impulsan y proponen continuamente la adopción de los vehículos eléctricos y las energías renovables de generación intermitente (eólica y solar), como una forma de alcanzar el carbono cero neto que abatiría al calentamiento global que detona al cambio climático.

Afortunadamente, según la Agencia Internacional de Energía (IEA, 2024), en el futuro inmediato se espera una más rápida expansión de las fuentes de energías renovables, como la solar y la eólica (gráfica 11.2), en cuyo proceso manufacturero, de transmisión y de almacenamiento el litio es un elemento esencial.



Fuente: IEA (2024).

En la gráfica 11.2, arriba a la derecha, se observa la proyección al alza de la generación mundial de las energías renovables, esperándose que proporcionen más de un tercio de la generación total de electricidad a nivel mundial a principios de 2025; principalmente, la solar fotovoltaica, que es cada vez más barata.

Algunos datos básicos de los vehículos eléctricos que es importante conocer

La electricidad es fundamental para el funcionamiento de las sociedades y economías modernas, y su importancia se acrecienta a medida que las tec-

nologías que funcionan con electricidad, como los vehículos eléctricos, se vuelven más populares; no obstante, la generación de esa energía es actualmente la mayor fuente de emisiones de dióxido de carbono (CO₂) en el mundo, aunque también es el sector que lidera la transición hacia las cero emisiones netas (*Net-Zero*), mediante el rápido crecimiento de fuentes de energías renovables.

La transición energética está empujando a los vehículos eléctricos hacia el público deseoso de poseerlos, ya que se cree que son menos intensivos en gases de efecto invernadero que los vehículos a gasolina; sin embargo, es necesario decir que las baterías de iones de litio (BIL) que requieren esos vehículos no son ajenos a las emisiones de GEI que se pretende combatir, pues durante la extracción y el procesamiento de las materias primas necesarias y la eliminación de las baterías al final de su ciclo de vida, traen consigo impactos ambientales a menudo severos o aún desconocidos.

Aunque parezcan contradictorios las siguientes líneas, tiene que dejarse en claro que, aun cuando se anuncia que los vehículos eléctricos serán los salvadores del caos contaminante ocasionado por el transporte actual al reducir las emisiones de GEI, algunos críticos han planteado serias preocupaciones sobre una amplia gama de cuestiones relacionadas con los vehículos eléctricos, que incluyen su relativamente reducida autonomía derivada de las baterías (hasta ahora, con un promedio de unos 320km), la fiabilidad del vehículo (los componentes electrónicos de vanguardia a bordo son parte del problema), el precio (el bajo inventario y la alta demanda los encarece), la escasa infraestructura de recarga (todavía hay pocos puntos de carga o electrolinerías), el tiempo de carga (en casa, hasta 20h para cargar una batería, aunque con equipo de carga rápida de corriente continua se reduce a 20-60 min), el costo y la vida útil de las baterías (el paquete de baterías implica más de 50% del costo del vehículo), el impacto ambiental (al final del ciclo de las baterías, generalmente se les desecha como basura electrónica en vertederos que pueden provocar lixiviación de compuestos peligrosos en el suelo, y pueden causar incendios que son extremadamente difíciles de controlar debido a que el litio es propenso al fuego). Al mismo tiempo, el reciclaje de baterías de ion de litio aún no está suficientemente desarrollado (IER, 2023).

Estímulos a los compradores de automóviles eléctricos en algunos países y el papel marginal de México en la electromovilidad

Los países más exitosos en la promoción de la electromovilidad han sido aquellos que han adoptado medidas que abordan distintas aristas de la transición energética. Una de las medidas adoptadas ha sido los incentivos financieros para que los ciudadanos adquieran vehículos eléctricos a través de una variedad de instrumentos: los subsidios directos adoptan la forma de bonos para la compra; otros incentivos pueden incluir exenciones tributarias, la penalización por el uso de vehículos de combustión interna; gravar con tasas el consumo de combustibles; eliminar subsidios a la producción de combustibles fósiles, subsidiar y mejorar el transporte colectivo, etc. Pero algunos de estos incentivos, como el subsidio directo, podrían considerarse regresivos, ya que se estima que, inicialmente, la mayor parte de los compradores de carros eléctricos (dados sus precios actuales) provienen de estratos sociales de altos ingresos (CEPAL, 2023).

Por el lado de la oferta, se han adoptado incentivos orientados a promover el desarrollo de la industria productora de vehículos eléctricos y la cadena de valor de las baterías de litio, que es su principal componente en precio y en peso. Entre los principales instrumentos de promoción se incluyen distintos beneficios tributarios, el acceso a financiamiento con tasas de interés subsidiadas o incluso el financiamiento compartido por parte del gobierno y empresas privadas en el establecimiento de *gigafactories* de baterías de litio, o incluso para fabricar los autos eléctricos, como es el caso de la *gigafactory* de Tesla en Monterrey, Nuevo León; al mismo tiempo, aunque no se trata de una megafrábrica, en San Luis Potosí, San Luis Potosí, inició el proyecto de la empresa Bayerische Motoren Werke (BMW) para producir automóviles eléctricos y baterías para ese tipo de vehículos en nuestro país.

Asimismo, dado que la tecnología utilizada en la cadena de valor de baterías de litio requiere de conocimientos altamente especializados y se encuentra en constante evolución, los gobiernos de otros países de la región latinoamericana están apoyando fuertemente la inversión en capital humano, habilidades, conocimientos técnicos e investigación y desarrollo. Ha

sido el caso de Chile, por citar sólo un ejemplo, que vinculado al presupuesto de los contratos de las empresas que explotan el litio, ese país no otorga concesiones, se anunció en el año 2019 la creación del Centro Tecnológico de Economía Circular; en 2020, se anunció la creación del Centro de Aceleración Sostenible de Movilidad, donde participan un consorcio de universidades y centros de investigación como el Centro Mario Molina, liderados por la Universidad de Chile, y en abril de 2023, se anunció la implementación del Instituto de Tecnologías Limpias, encabezado por la Corporación Alta Ley que integran 11 universidades chilenas (CEPAL, 2023).

Considerando la potencialidad litífera de nuestro país y las aspiraciones nacionalistas de la modificación de la Ley Minera (DOF, 2022), es notorio que no se tenga algún emprendimiento similar al de los países del triángulo del litio sudamericano. Sobre el particular, únicamente se ha sabido mediáticamente de una iniciativa local del estado de Sonora apoyada por el Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología (Conahcyt), que se relaciona con el establecido de un centro binacional con *The University of Arizona*.

También, se ha dicho, sólo por citar un ejemplo, que instituciones mexicanas como el Instituto Politécnico Nacional disponen de comprobada capacidad y experiencia para apoyar grandes proyectos nacionalistas, como pudiera ser la exploración, explotación, beneficio y aprovechamiento del litio mexicano, según reza el decreto de reforma de la Ley Minera del 20 de abril de 2022.

El mercado del litio y las redes globales de producción de baterías

A partir de las declaraciones nacionales en las Conferencias de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (COPs), se han reafirmado algunos de los compromisos internacionales de limitar el aumento de la temperatura mundial a dos grados celsius (2° C) por encima de los niveles preindustriales. Este escenario supone acciones de políticas inmediatas con miras a reducir el uso de combustibles fósiles, fomentar la inversión en fuentes renovables y acelerar la transición hacia los vehículos eléctricos no emisores de GEI.

Si bien la demanda del litio está fuertemente empujada por la transición energética y los vehículos eléctricos, las aplicaciones industriales tradicionales del litio continúan representando un porcentaje considerable. Hasta entrado 2015, la demanda industrial aún representaba 65% de la demanda total, mientras que, en 2019, se estimó que esa participación decreció 43%. Esta caída relativa de los usos tradicionales se debe a la acelerada tasa de expansión de la demanda para almacenamiento de energía.

Una diferencia sustancial entre ambas aplicaciones es que, en la mayor parte del uso industrial, el litio puede utilizarse desde el concentrado mineral sin requerimientos específicos, mientras que el uso del mineral en baterías requiere de compuestos con una química cada vez más compleja; es el caso de los carbonatos e hidróxidos, grado batería.

Desde la óptica económica y de mercado, y con relación a la aplicación dominante de hoy del litio, las redes de producción de derivados de litio, como las baterías de ion de litio, se caracterizan por una división del trabajo muy marcada entre las diversas regiones.

Por un lado se encuentran los países que están especializados en la producción de materias primas y los compuestos básicos para la fabricación de baterías y sus componentes; este conjunto de actividades se denomina el segmento *aguas arriba* de la cadena de valor; en el caso de la producción de litio, las actividades que se desarrollan en este segmento difieren según se trate, de depósitos en salmueras de salares continentales (Argentina, Bolivia y Chile), de la minería de roca y la posterior conversión del concentrado de espodumeno, mineral cuya importancia económica radica en que es fuente de litio (Australia y China), o bien de la extracción en arcillas, que sería el caso de los recursos litíferos de México, aún sin desarrollar.

Por otro lado, se encuentran los países especializados en los segmentos intermedios y *aguas abajo* de la cadena productiva. En los intermedios, se incluyen actividades correspondientes a la producción de precursores químicos y componentes para la producción de BiL: cátodos, ánodos, electrolitos, etc. En el caso del segmento aguas abajo, se ubica la producción de celdas, paquetes de baterías y el reciclado de baterías que terminaron su vida útil. En ambos casos, los polos de producción dominantes son los países asiáticos, especialmente la República Popular China, Japón y la Repú-

blica de Corea. El papel de Estados Unidos y de Europa es secundario, aunque se encuentra en ascenso.

Como puede deducirse de lo anterior, la única excepción relevante respecto a este esquema dual es China, que ha desarrollado una estrategia dirigida a integrar verticalmente en su territorio una gran parte de las actividades de la cadena de producción de baterías de ion litio. En el caso del segmento aguas arriba, la estrategia china combina la explotación de depósitos locales con la importación de compuestos de litio y de concentrado de espodumeno para su conversión en plantas locales.

Cabe destacar que la participación de los países en el total de exportaciones de litio difiere de su participación en el volumen de producción global de litio. A pesar de que en los últimos años se ha reducido la brecha entre el primer y el segundo productor, que son Australia y Chile, en términos de producción, esta diferencia sigue siendo grande entre el líder y su principal seguidor chileno.

Esta diferencia se explica fundamentalmente por la composición y el valor unitario de las exportaciones de cada uno de esos países. Esta brecha es relevante para comprender los circuitos materiales de la cadena global de valor; en particular en lo que respecta a la participación de los países de América Latina. Por un lado, Australia exporta un concentrado de espodumeno, que posteriormente es refinado en plantas ubicadas en China. En cambio, tanto Chile como Argentina exportan productos refinados que pueden ser utilizados directamente en la producción de material activo.

Por el lado de las importaciones de compuestos de litio, el mercado también muestra elevados niveles de concentración geográfica, que reflejan la preponderancia de los países asiáticos en las actividades de producción de material catódico para BiL. La importancia relativa de cada uno de los países como importadores de litio varía según el tipo de producto de este mineral.

En lo que se refiere a los flujos de comercio de concentrado de espodumeno, éstos se explican fundamentalmente por la relación bilateral entre Australia y China. En 2022, el país asiático acaparó 97% de las exportaciones australianas del producto. Tal como se puede inferir, en China se concentra la mayor parte de las plantas de conversión de concentrado de espodumeno del mundo. Las empresas chinas que desarrollan estas actividades tienen

participación accionaria en las minas australianas o acuerdos de compra anticipada con las empresas que operan allí.

Respecto al mercado de carbonato de litio, China, la República de Corea y Japón acumulan de manera conjunta 78% de las importaciones mundiales. En el caso del hidróxido de litio, los tres países alcanzan 87%. En este último caso, el peso de China es relativamente insignificante (3%), lo cual se debe a que ese país es un gran productor y exportador de hidróxido de litio gracias al control que tiene de las plantas convertidoras de concentrado de espodumeno.

Existen distintos factores que explican la tendencia hacia la concentración geográfica. Los grandes productores y consumidores de vehículos eléctricos han implementado políticas de promoción de la producción, así como del fomento a la investigación con el propósito de desarrollar cadenas regionales de valor de baterías que se localicen en las cercanías de las plantas automotrices. A ello se suman también políticas orientadas a lograr un abastecimiento estable y seguro de materias primas.

Adicionalmente, el transporte de BiL presenta importantes desafíos logísticos que se originan en riesgos inherentes a su seguridad. Los peligros asociados con el envío de baterías de iones de litio significan que el seguro de flete puede ser extremadamente alto; lo cual aumenta significativamente los costos de transporte; en particular, en el caso de las baterías destinadas a vehículos eléctricos, lo cual favorece la regionalización de la cadena de valor. Asimismo, a diferencia de las baterías de menos de 100Wh, utilizadas en dispositivos electrónicos, las directrices para el comercio internacional de baterías de mayor tamaño determinan un límite de peso de 333kg por unidad de transporte, y, puesto que las baterías para vehículos eléctricos suelen pesar más de 500kg; eso significa, en la práctica, que estas baterías deben embalarse en contenedores separados.

Estos factores contribuyen a explicar la decisión de las principales empresas productoras de celdas de BiL de construir sus *gigafactories* cerca de los mercados de consumo o allí donde se espera un crecimiento significativo de la electromovilidad. Este es el caso, principalmente, de las regiones de América del Norte, Europa y Asia, especialmente China. Esta concentración geográfica explica la presencia de Tesla en México, con su *megafactory* en Monterrey, Nuevo León, tan cerca de Estados Unidos.

Redes globales de producción

Se ha comentado ya que el carácter crítico del litio responde principalmente al aumento de la producción de baterías de ion litio y, especialmente, a las perspectivas de aceleración de esta tendencia en los próximos años. Como se ha visto, este proceso está liderado por el crecimiento de la electromovilidad en China y, en segundo lugar, por Europa y América del Norte. Ello significa que las fuerzas que motorizan la demanda de litio se encuentran fuera de la región sudamericana, donde se concentra, mayoritariamente, el recurso del mineral.

Se distinguen dos tipos de liderazgo que son importantes para explicar la estructura y las dinámicas de las redes globales de baterías de ion-litio. Esta distinción es clave para analizar las oportunidades y obstáculos que enfrentan los países del triángulo del litio en su propósito de avanzar en la cadena de valor, que podrá ser el caso de nuestro país, a partir de la abundancia del recurso que poseen. En primer lugar, se encuentra el liderazgo tecnológico, que detenta la alianza conformada por las empresas automotrices y los productores de celdas de BiL. En el seno de esta asociación estratégica se crean las marcas, los modelos y los mercados de vehículos eléctricos, así como los canales de distribución; también, se define el pulso de la carrera tecnológica que determina gran parte de los atributos de las BiL y de los vehículos que son decisivos para la consolidación de la electromovilidad; estos son: el costo, la autonomía, la velocidad y la seguridad. Las resoluciones adoptadas por esta alianza de facto tienen incidencia en el segmento aguas arriba y sobre los productores de materia prima y compuestos de litio.

El segundo tipo de liderazgo es de carácter político y corresponde a las acciones que despliegan los gobiernos de aquellos países que aspiran a consolidar la industria de la electromovilidad, en particular China, Estados Unidos y la Unión Europea. Dado el estado actual de la tecnología, que determina que los vehículos eléctricos tengan un precio superior a los tradicionales de combustión interna, los actores estatales despliegan una serie de acciones orientadas a crear condiciones para el avance de la electromovilidad. Desde el lado de la demanda, el objetivo es “crear” nuevos mercados,

ya sea mediante la promoción del consumo, como la definición de estándares y regulaciones. Del lado de la oferta, se han implementado políticas industriales que fomentan la expansión de la producción de vehículos y sus componentes. Más recientemente, se han volcado también al desarrollo de capacidades para la producción de materias primas críticas, o al menos para garantizarse una provisión estable de ellas.

Los estados también fomentan redes de actores, que incluyen a empresas a lo largo de la cadena de valor, junto a universidades y centros de estudio; en el marco de estas acciones incluyen también líneas de financiamiento que apoyan el desarrollo de la capacidad productiva local.

El desarrollo de un mercado como condición para la producción de baterías de ion de litio o ion litio (BiL)

Como es lógico, la promoción de actividades de producción en segmentos aguas abajo de la cadena de valor, en particular de BiL, es un objetivo importante de las políticas productivas y tecnológicas de los países latinoamericanos, entre los cuales podría encontrarse México. El objetivo último de estas políticas es procesar localmente una parte sustancial del litio producido con el fin de aumentar la generación y la captura de valor al interior del territorio de cada país.

Dado el volumen de producción sudamericano, pero, sobre todo, de su proyección a futuro, un objetivo de este tipo requeriría la presencia de *giga-factories* como las existentes en otras partes del mundo, lo cual implica desafíos importantes para los países de la región, tales como alto volumen de inversiones requeridas, así como complejas capacidades tecnológicas y no tecnológicas para gestionar los procesos productivos y la participación en cadenas globales de valor jerárquicas y de alta complejidad.

Esto se suma a las características propias de las redes de producción analizadas anteriormente, en las que los polos de crecimiento se encuentran fuera de la región y están fuertemente apoyados por políticas públicas. Cuando estas dinámicas se ponen en perspectiva para analizar la situación de los países latinoamericanos ricos en litio, resulta evidente que la producción de celdas de baterías para su exportación a los mercados líderes de la

electromovilidad no parece ser un vector adecuado para promover el procesamiento a gran escala del litio local. Por ello, la política más pertinente para la implantación de industrias de celdas de baterías de ion de litio sería el desarrollo de un mercado de electromovilidad en estos países latinoamericanos; sin embargo, dado que este mercado de vehículos eléctricos se encuentra en un nivel de desarrollo muy incipiente, resulta difícil concebir un mercado de grandes dimensiones dentro de los estrechos márgenes que ofrecen estos países hermanos.

En América Latina, la flota de vehículos eléctricos es muy pequeña (tabla 11.1). Las ventas anuales de los países para los que hay información disponible son mínimas con relación a las ventas mundiales de vehículos.

Tabla 11.1. *Flota de vehículos eléctricos en Argentina, Brasil, Chile y México, en 2022. Vehículos híbridos enchufables y eléctricos de batería*

<i>País</i>	<i>Flota total</i>	<i>Venta anual 2022</i>
Argentina	S/D	8 107
Brasil	30 100	20 807
Chile	2 900	1 500
México	25 200	9 080

Fuente: IEA (2020).

Los riesgos del mercado de litio a futuro

La fortaleza de los países latinoamericanos poseedores de recursos de litio se ha asentado, principalmente, en su potencial para abastecer un mineral crítico para la expansión de la electromovilidad en todo el mundo. Su posición estratégica al interior de las redes globales de producción deriva, primordialmente, de las dificultades para reemplazarlo en la fabricación de BiL y, por otra parte, del hecho de que sólo en pocos países este recurso se encuentra en niveles de concentración que permitan una explotación económicamente rentable.

Así, aunque esta posición de fortaleza está asegurada en el corto y mediano plazos, se han identificado algunas dinámicas que podrían ponerla en riesgo. En primer lugar, los países promotores de la electromovilidad se

están orientando al desarrollo de una cadena de valor cada vez más sustentable, lo que entre otras cosas supone extender el ciclo de vida de las baterías o, también, reciclar los materiales y compuestos; con relación a lo cual se está invirtiendo una creciente cantidad de recursos en proyectos de I + D + i (investigación, desarrollo, innovación tecnológica), orientados a desarrollar tecnologías escalables de reciclado que permitan obtener de este proceso una porción creciente de materias primas, que permitiría reducir la dependencia de los países productores de BiL del abastecimiento externo respecto a ciertos materiales críticos, entre los que se encuentra el litio.

En segundo lugar, las regiones productoras de vehículos eléctricos y celdas de baterías, en particular Europa y Estados Unidos, aspiran a desarrollar operaciones en depósitos de litio en sus propios territorios, tal como ha hecho China. Aún cuando los costos de producción en depósitos de litio de salares fueran mayores que los vigentes, ello contribuiría al objetivo de reducir la dependencia de fuentes externas. Éste se ha convertido en un tema estratégico para los gobiernos de esos países, que apoyan con subsidios a proyectos de desarrollo de las tecnologías necesarias para lograrlo. Si bien los países latinoamericanos con recursos litíferos podrían mantener una renta extraordinaria gracias a sus menores costos de explotación, la diversificación de fuentes disminuiría la importancia estratégica de la región.

En tercer lugar, un factor de riesgo para los países productores de litio es la posibilidad de que, en un plazo mayor de tiempo, la fabricación de celdas de BiL ya no utilicen litio como insumo. En la actualidad, se están desarrollando tecnologías que aspiran a reemplazar este recurso; por ejemplo, las pilas de combustible de hidrógeno o las baterías de sodio-azufre. Aunque estas dos tecnologías deben resolver importantes problemas tecnológicos para poder ser comercializadas, en los últimos años han logrado desarrollos significativos que las posicionan como potenciales sucedáneos.

Marco general de la gobernanza socioambiental y económica del litio mexicano

Uno de los aspectos de mayor tensión en la evaluación de los impactos socioambientales y económicos de los proyectos mineros se manifiesta en

la relación con las comunidades y pueblos originarios que habitan el área de influencia de los proyectos de explotación.

Al respecto, el Convenio 169 de la Organización Internacional del Trabajo (OIT), de la que México es miembro, establece la obligación de la consulta conocida como Consulta Previa Libre e Informada a las comunidades y pueblos originarios que habitan las áreas de influencia de los proyectos mineros de explotación, mediante el siguiente procedimiento:

Al aplicar las disposiciones del presente Convenio, los gobiernos deberán (a) consultar a los pueblos interesados, mediante procedimientos apropiados y en particular a través de sus instituciones representativas, cada vez que se prevean medidas legislativas o administrativas susceptibles de afectarles directamente; (b) establecer los medios a través de los cuales los pueblos interesados puedan participar libremente, por lo menos en la misma medida que otros sectores de la población y a todos los niveles en la adopción de decisiones en instituciones electivas y organismos administrativos y de otra índole responsables de políticas y programas que les concierne; (c) establecer los medios para el pleno desarrollo de las instituciones e iniciativas de esos pueblos, y en los casos apropiados proporcionar los recursos necesarios para este fin. Las consultas llevadas a cabo en aplicación de este Convenio deberán efectuarse de buena fe y de una manera apropiada a las circunstancias, con la finalidad de llegar a un acuerdo o lograr el consentimiento acerca de las medidas propuestas. (OIT, 2014)

La falta de transparencia de los procesos de consulta a las comunidades locales y, en algunos casos, la total ausencia de consulta a las mismas comunidades, comprometen la justicia en la producción de litio. Es aquí donde el concepto de gobernanza adquiere especial importancia; pues resulta fundamental para vincular la explotación de los recursos naturales con el desarrollo económico, con el tipo de encadenamientos productivos que se generan, con la infraestructura que se instala y con cuanto protege al medio ambiente y los derechos de los pueblos y comunidades originarios donde se localizan las minas.

Según el *Natural Resource Governance Institute* el índice de gobernanza de la minería en México deja mucho que desear; pues tiene una calificación

muy baja de sólo 59/100, que la ubica por debajo de la gobernanza de los hidrocarburos del país, que tiene un puntaje de 76/100, que tampoco es del todo bueno. Esto implica una mejora substancial en los estándares de gobernanza del sector minero, que incluye al régimen fiscal, de riesgos y de daños ambientales, y que, de manera importante, asegura el respeto a las comunidades locales donde se extraerá el litio.

Para la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), la gobernanza se expresa como la conducción de los procesos de interacción y toma de decisiones entre diversos actores, gubernamentales o no gubernamentales, involucrados en un problema colectivo relacionado a la gestión de los recursos naturales (propiedad, acceso, extracción, uso, conservación, apropiación y distribución de rentas), que, en un contexto dado, lleva a la creación, reforzamiento, reproducción o cambio de reglas institucionales, formales e informales, para resolver conflictos de interés sobre dichos recursos entre los participantes involucrados (Bárcena, 2016).

La Sociedad Alemana para la Cooperación Internacional (GIZ, por sus siglas en alemán) considera que el principal desafío que plantea la gobernanza de los recursos de litio es, a partir de la base de la legalidad, la legitimidad y la capacidad de los estados para definir, de manera participativa, políticas y normas que sean al mismo tiempo legítimas y legales, con el objetivo de ejecutarlas y arbitrar los conflictos; lo que constituye una de las condiciones fundamentales de la ordenación y uso sustentable de los recursos naturales.

En síntesis, la gobernanza otorga forma y dirección a la sociedad en la que el gobierno, la sociedad civil y los empresarios se entrelazan para gestionar los asuntos públicos (García Magariño, 2016).

México, a diferencia de otros países de la región, apenas comienza el debate interno sobre la explotación del litio; por consiguiente, es muy oportuna la coyuntura para considerar la gobernanza como un eslabón inicial de la cadena de valor del litio mexicano recién nacionalizado.

La reforma de la Ley Minera publicada el 20 de abril de 2022 en el Diario Oficial de la Federación (DOF) otorga carácter estratégico a las actividades relacionadas con el litio y exclusividad al Estado en su aprovechamiento. Esa iniciativa abre la puerta para una discusión respecto a los retos regulatorios de minerales estratégicos como el litio, los modelos de desa-

rrollo relacionados y los mecanismos para mejorar la gobernanza en su extracción y a lo largo de la cadena de producción.

La mencionada reforma ratifica enfáticamente la gobernanza en su artículo 5Bis, al establecer que:

[...] en la exploración, explotación, beneficio y aprovechamiento del litio y de sus cadenas de valor será deber del estado mexicano proteger y garantizar la salud de los mexicanos, el medio ambiente y los derechos de los pueblos originarios, comunidades indígenas y afroamericanas. (DOF, 2022)

La irrupción de México como potencial productor de litio

La reforma a la Ley Minera por la que se otorga en exclusiva al Estado mexicano la exploración, explotación, beneficio y aprovechamiento del litio, establece la creación del organismo público descentralizado denominado Litio para México (LitioMx), que se encargará de llevar a cabo dichas actividades con el apoyo del Servicio Geológico Mexicano.

La importancia del litio radica en que se trata de un proyecto estratégico del Estado con implicaciones de mercado internacionales en esta fase de transición energética global.

El servicio Geológico Mexicano comentó que en el año 2021 había 57 localidades con manifestaciones de litio. Por su parte, ese mismo año, la Secretaría de Economía publicó que estaban en exploración yacimientos de litio en los estados de Baja California, San Luis Potosí, Sonora y Zacatecas.

Por esas mismas fechas, en Sonora había 13 localidades con litio en roca, y dos localidades con litio en sedimentos.

Pese a esto, hasta ahora sólo se tiene la certeza de yacimientos de litio en la llamada Zona de Reserva Minera de Litio (234 855 ha), conformada por siete municipios, por decreto presidencial, de los cuales Bacadéhuachi es el más conocido mediáticamente.

Debe considerarse que la Ley Minera y, por lo tanto, los recursos que controla la empresa paraestatal, no afectan las concesiones mineras ya otorgadas. Entre ellas, se encuentra el proyecto Sonora Lithium, que pertenece a la minera canadiense Bacanora Lithium y a la corporación china Gangfeng

Lithium. Este proyecto representa actualmente más de 90% de los recursos de litio mexicano informados públicamente por el Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS, por sus siglas en inglés), aun cuando esa información debería provenir de alguna dependencia oficial mexicana.

Proyecto Sonora Lithium

La Zona de Reserva Minera de Litio se localiza en el noreste del estado de Sonora, a 170 km al sur de la frontera entre México y Estados Unidos; aproximadamente, a 3 horas de viaje terrestre de Hermosillo. La elevación media en la zona del proyecto es de 900 msnm, con picos serranos con elevaciones de hasta 1 440 msnm. Las unidades de arcilla que alojan el mineral de litio afloran en los valles montañosos.

La compañía Bacanora Lithium publicó el estudio de factibilidad del proyecto Sonora Lithium en enero de 2018 (Ausenco, 2018), que consiste en una mina a cielo abierto e instalaciones de procesamiento de carbonato de litio, con un plan de explotación de 19 años. La producción durante los primeros cuatro años del proyecto comenzaría con 17 500 toneladas por año (TPA) de carbonato de litio de grado batería (etapa 1), seguido de una expansión mediante la duplicación de la planta, para alcanzar una capacidad de 35 000 TPA (etapa 2).

Desde la publicación del estudio, la empresa ha estado operando una planta piloto en Hermosillo que ha generado productos de litio de alta calidad con pureza superior a 99.5%. Esta planta busca optimizar el proceso metalúrgico, que básicamente consiste en la molienda de las arcillas; el tostado a 900°C en presencia de sulfatos para formar sulfato de litio hidrosoluble; seguido por *lixiviación* con agua y eliminación de impurezas. Finalmente, la solución enriquecida se somete a evaporación, precipitación y purificación del carbonato de litio de grado batería.

En junio del año 2019, la empresa china Ganfeng Lithium Co., Ltd., productora líder mundial de compuestos de litio, comenzó a participar en el proyecto mediante un acuerdo de inversión y un *offtake agreement* (compra de la producción esperada en el futuro mediante acuerdo) con Bacanora. En 2021, Ganfeng amplió su presencia, pasando de 22.5 a 50% de parti-

cipación en el proyecto mexicano. Una vez concluida la transacción, se conformó un *joint venture* entre Bacanora y Ganfeng, mediante el cual cada empresa es responsable de su parte de inversiones de capital en el proyecto.

Tabla 11.2. Recursos de litio del proyecto Sonora. Carbonato de litio equivalente (CLE)

<i>Recursos Minerales</i>				
<i>Clasificación</i>	<i>Tonelaje de Mena (Mt)</i>	<i>Le de Li (ppm)</i>	<i>Contenido de Li (t)</i>	<i>Contenido de (CLE)</i>
Recursos medidos	103	3 480	359 000	1 910 000
Recursos indicados	188	3 120	588 000	3 130 000
Recursos inferidos	268	2 650	710 000	3 779 000
Total	559	2 964	1 657 000	8 819 000

Fuente: Ausenco, 2018.

Los recursos y reservas de litio del proyecto Sonora Lithium (tabla 11.2 y 11.3) están contenidas en un diseño de mina a cielo abierto, basado en el conocimiento actual del yacimiento, en la información geotécnica, los costos de operación estimados, las recuperaciones y el precio de venta proyectado del carbonato de litio.

Tabla 11.3. Reservas de litio del Proyecto Sonora. Carbonato de litio equivalente (CLE)

<i>Reservas Minerales</i>				
<i>Clasificación</i>	<i>Tonelaje de Mena (Mt)</i>	<i>Ley de Li (ppm)</i>	<i>Contenido de Li (t)</i>	<i>Contenido de (CLE)</i>
Reservas probadas	80	3 905	313 000	1 666 000
Reservas probables	164	3 271	535 000	2 489 000
Total	244	3 478	848 000	4 515 000

Fuente: Ausenco, 2018.

LitioMx se encuentra actualmente en proceso de definición de su estrategia; desde el punto de vista operativo se están analizando diversas alternativas. Una de ellas es que el Organismo Público avance de manera independiente; sin embargo, por lo que se ha publicado, carece de capacidades y tecnología para explotar yacimientos de arcilla, que son un tipo de depósito que aún no es explotado a escala comercial en ningún lugar del mundo. Por ello, existe la posibilidad de que se asocie con empresas privadas nacio-

nales y extranjeras que dicen poseer la tecnología pertinente para extraer comercialmente el litio de las arcillas.

Estado actual de la potencialidad litífera de México

Según el Gobierno Federal y los medios de comunicación, nuestro país tiene un alto potencial de recursos de litio, aunque no se han publicado oficialmente las reservas (probadas) del mineral. Ha sido alentador que el entonces presidente de la República, Andrés Manuel López Obrador, se haya ocupado personalmente del tema hace algunos meses atrás, decretando reformas y adiciones a la Ley Minera, creando el organismo paraestatal LitioMx, que se encargará de la exploración, explotación, beneficio y aprovechamiento del mineral, formalizando la zona de reserva minera de litio de 234855 ha en Sonora, y comunicando la negociación con las empresas que ya tenían concesiones de litio y estaban trabajando en ello antes de las reformas a la Ley Minera; señaladamente, las compañías británico canadiense, Bacanora Lithium, y la china, Ganfeng Lithium.

Hasta ahora, primer semestre de 2024, existe silencio con relación al estado actual de las negociaciones con las empresas e incluso con las actividades que estaría llevando a cabo la paraestatal LitioMx. Al respecto, sólo la candidata oficialista a la presidencia de la República ha comentado que “Pemex, como otras empresas petroleras (nacionales), puede participar en la explotación de litio [*lo que es una novedad prometedora*] para cumplir con los objetivos de la República Soberana y con Energía Sustentable”. Pero nada se ha sabido públicamente del valor agregado que se dará al litio mexicano nacionalizado y el aporte al conocimiento tecnológico que se requiere para el aprovechamiento del recurso a partir de las arcillolitas de Sonora, que es el yacimiento de mayor potencialidad estudiado hasta ahora.

Conclusiones

A lo largo de la historia, las transiciones económicas han dejado activos varados a su paso, infraestructura, minas, edificaciones, pozos petroleros,

comunicaciones, equipos y mucho más. Ha sido el caso, por ejemplo, del cambio del aceite de ballena al queroseno, o del caballo y la carreta, al automóvil, etc. La actual transición energética no es una excepción, pues desechará gran cantidad de infraestructura obsoleta o activos inservibles. Las empresas de carbón se encuentran entre las perdedoras más obvias. La industria mundial de hidrocarburos está muy consciente de esto, por lo cual está tratando de alargar lo más posible el paso definitivo a las energías renovables, con la finalidad de explotar al máximo su enorme infraestructura de combustibles fósiles antes de crear masivamente la infraestructura de producción y consumo de las energías renovables, que son el eje de la transición energética. Por eso, no se espera ver pronto cargadores o electrolineas para cargar baterías de carros eléctricos a unas cuantas cuadras unas de otras, como es el caso, actualmente, de la existencia de gasolineras.

Al hacer posible el almacenamiento de la electricidad generada por las plantas de energía renovable, cuya principal desventaja reside en la generación intermitente, porque no siempre disponen de sol o de viento, ni puede ser largamente almacenada, el uso del litio para la fabricación de baterías de todo tipo puede llevar a una reducción considerable de las emisiones de gases de efecto invernadero. Sumado a esto, una vez que se desarrolle suficientemente la infraestructura para que las baterías de litio de los vehículos se recarguen con energías renovables y no con energías fósiles, como sucede en la actualidad, se tendrá un valor adicional en la reducción de emisiones. De este modo, el uso del litio se presenta como una alternativa frente a la crisis climática que, según la ONU, se ha constituido como uno de los mayores desafíos ambientales globales del siglo XXI.

En nuestro país aún estamos lejos de transitar por la senda de la electromovilidad. Gran parte del impulso y la venta de los más de 26 millones de vehículos eléctricos que circulan hoy día por el mundo, se han producido en los países industrializados a través de incentivos gubernamentales, situación que recién se alude en nuestro país.

Se interpreta esa alusión del primer paquete de incentivos hecho público, que comprende beneficios fiscales para empresas del sector de la movilidad eléctrica que instalen sus plantas en el naciente Corredor Interoceánico del Istmo de Tehuantepec. Algunos de esos estímulos son la exención del IVA en operaciones al interior de los parques del Corredor, o la exen-

ción del impuesto sobre la renta durante tres años y la reducción de hasta 90% en los tres siguientes, dependiendo del número de puestos de trabajo que creen las empresas.

Los anteriores son incentivos para las empresas; pero, como se ha comentado, en otros países ya existen estímulos a los compradores y propietarios de automóviles eléctricos, lo cual podría adecuarse para aplicar en nuestro país.

Para hacer frente a la transformación energética global en curso, México cuenta, entre otros instrumentos y organizaciones, con la Subsecretaría de Planeación y Transición Energética de la Secretaría de Energía, la Ley de Transición Energética, una Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica, y, a partir de la reciente nacionalización o estatización del litio mexicano, con la empresa paraestatal Litio para México, cuyo acrónimo es LitioMx; por lo que la transición energética mundial adquiere especial interés y oportunidades económicas para nuestro país.

La transición energética también representa para la República mexicana una oportunidad transformadora de su capital humano, por lo que es pertinente promover la capacitación y formación de personal idóneo; pues la electromovilidad requiere nuevas especializaciones, reconversión de habilidades de técnicos y empleados, que implican una visión y actualización de planes de estudio a niveles técnico superior y universitario.

LitioMx se encuentra actualmente en proceso de definición de su estrategia de trabajo. Desde el punto de vista operativo, ha trascendido que se están analizando diversas alternativas, una de ellas es que este Organismo Público Descentralizado avance de manera independiente. Además, algunas de las funciones del organismo son: elaborar programas estratégicos, desarrollar proyectos de ingeniería, realizar investigación relacionada con exploración y explotación del litio, ubicar y reconocer áreas geológicas de reservas conjuntamente con el Servicio Geológico Mexicano, promover el aprovechamiento sustentable del litio para la transición energética, entre otras.

Referencias

- Ausenco Services Pty. Ltd. (2018). *Technical report on the feasibility study for the Sonora Lithium Project, Mexico*. Bacanora Minerals Ltd.
- Bárcena, A. (2016). *CEPAL: se requiere nueva gobernanza de los recursos naturales para el cumplimiento de la Agenda 2030*. <https://www.cepal.org/fr/node/37812>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (2023). *Curso Internacional: Litio, un recurso estratégico*. CEPAL.
- Comisión Nacional de Mejora Regulatoria (2023). *Acuerdo por el que se expide la Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica*. CEPAL. <https://cofemersimir.gob.mx/>
- Diario Oficial de la Federación (20 abril de 2022). *Decreto por el que reforman y adicionan diversas disposiciones de la Ley Minera*. DOF.
- García, S. (2016). *La Gobernanza y sus diferentes enfoques*. Delta Publicaciones.
- International Energy Agency (2020). *Global EV Outlook 2020. Entering the decade of electric drive?*
- International Energy Agency (2023). *Global EV Outlook 2023*.
- International Energy Agency (2024). *Electricity, Analysis y forecast to 2026*.
- Institute for Energy Research (2023). *An overview of federal government support for electric vehicles*. <https://www.instituteforenergyresearch.org/>
- Lodders, K. (2020). The history of cosmic lithium. *Elements*, 16(4), 241-246.
- López, V. M. (2013). *Cambio climático y calentamiento global. Ciencia, evidencias, consecuencias y propuestas para enfrentarlos*. Trillas.
- Meshram, Pratina et al. (2014). Extraction of lithium from primary and secondary sources by pre-treatment, leaching and separation: A comprehensive review. *Hydrometallurgy*, 150, 192-208.
- Obaya, M., y Céspedes, M. (2021). *Análisis de las redes globales de producción de baterías de ion de litio*. CEPAL.
- Organización de Naciones Unidas (2018). *Guía práctica para el desarrollo de una estrategia nacional de movilidad eléctrica*. ONU / Move / FIA / Región-IV / REGATTA.
- Roskill Consulting Group Ltd. (2022). *Battery and EV Materials*. <https://roskill.com/division/battery-ev-materials>
- Sykes, J. (2019). *A global overview of the geology and economics of lithium production*. [AusIMM Lithium Conference]. MinEx Consulting Perth. 10.13140/RG.2.2.18537.42088
- United States Geological Survey (2017). *Critical Mineral Resources of the United States-Economic and Environmental Geology for Future Supply*.