

Programa de Becas para investigadores sobre China del Centro de Estudios China-México 2022

RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN



CENTRO DE ESTUDIOS
CHINA-MEXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

CDMX, 2023

El Triángulo del Litio. La IED China que carga la batería del mundo.

Introducción

Hay una carrera en marcha, una revolución tecnológica -en la robótica, en las energías renovables - que está remodelando el orden mundial, al centro de ésta carrera está el acceso a los materiales clave. China se está posicionando cómo el líder de las energías limpias mientras que otros países son demasiado dependientes del país en lo que respecta a su transformación energética.

Los mercados energéticos son sectores clave de la economía mundial y se encuentran en el corazón de las intrincadas redes de producción en evolución desde lo local hasta lo global. Más allá de su justificación como parte vital de la respuesta al cambio global la transición energética implica el desarrollo de nuevas tecnologías y dispositivos de almacenamiento de energía.

En actualidad, China ha asegurado el suministro de estos minerales y metales en países estratégicos alrededor del mundo, estableciendo una combinación de inversiones dirigidas y capital respaldado por el Estado, haciendo jugadas estratégicas a largo plazo y a veces con pérdidas, la finalidad: abastecer la demanda de materias primas para liderar la electroeconomía en los mercados energéticos mundiales.

Lo anterior lleva a plantear el desarrollo de algoritmos genéticos (AG) para la búsqueda de soluciones que emplea una metáfora de los fenómenos evolutivos naturales, la aplicación en éste estudio tiene como objetivo calcular el nivel de integración y rendimiento de los eslabones que integran la cadena de valor del litio dada entre China y los países latinoamericanos que le proveen de litio.

1. La geopolítica China del litio en América Latina.

A medida que los impactos del cambio climático se extienden por todo el mundo, la importancia del litio como elemento estratégico aumenta exponencialmente convirtiéndose en un componente esencial de los sistemas de energía limpia del futuro. La creación de baterías de iones de litio en 1991 transformo la tecnología eléctrica en virtud de su poder como baterías recargables y livianas que podían almacenar grandes cantidades de energía. De acuerdo con datos de Fastmarkets (2022) en los últimos cinco años, la demanda de baterías de iones de litio se disparó y el precio del litio se duplicó entre 2016 y 2018; se espera que la industria del litio crezca casi ocho veces para 2027. Al mismo tiempo, la importancia estratégica del litio crecerá a medida que el mundo intente satisfacer la creciente demanda de baterías para vehículos eléctricos (EV, por sus siglas en inglés) y energía limpia. Estas tendencias indican que el control de la industria del litio podría generar importantes beneficios en el futuro, lo que probablemente aumentará la disputa geopolítica entre las grandes potencias.

El caso del litio plantea la pregunta ¿cómo la transición energética, promulgada principalmente en el ‘Norte Global’ y China, afecta las regiones extractivas, principalmente en el ‘Sur Global’, donde la explotación de recursos naturales para la exportación constituye una actividad económica importante? Estas redes geográficas crean una nueva "geopolítica del litio" que pertenece a una diplomacia de recursos, entendida como la renegociación parcial del acceso a nuevos recursos clave por parte de actores estatales y empresas transnacionales, así como un aumento de las relaciones entre el Sur Global y China (Blanco & Razzaque, 2011; Langhorne, 2005).

De hecho, la economía global del litio consiste en un número concentrado de zonas de extracción de litio (nodos) y partes interesadas clave (empresas y Estados) que abastecen la economía global. Los desarrollos extractivos y los flujos globales de minerales de litio, productos químicos, derivados y productos manufacturados como las LIB¹ revelan un patrón de demanda internacional de recursos globales. La organización de la producción está a cargo de estados y empresas que explotan yacimientos de litio para obtener productos químicos básicos², derivados de litio³ y/o dispositivos de almacenamiento de energía a base de litio. Esto diferencia los territorios de extracción de materias primas de los territorios que consumen los bienes producidos hacia la transición energética (Child et al., 2018)

El *Statistical Review of World Energy 2022 (British Petroleum, 2021)* señala a China como el líder en consumo de energía primaria en 2021 con un total de 157.65 exajoules⁴, de los cuales 27.5 corresponden a energías renovables, mientras que los 130.40 restantes corresponden a energías no renovables. A pesar de que China es un país líder en el desarrollo de nuevas energías eléctricas, los recursos intermitentes limitan en gran medida el uso de éstas, y con ello, un recurso tan importante como el litio se ha convertido en una lucha por el control de su mercado.

China no sólo tiene reservas significativas de materias primas críticas, en particular controla el 95% (*European Commission, 2020*) del suministro mundial a través de empresas estatales, pero también se ha asegurado los recursos que no tiene, comprando las minas de cobalto y litio en todo el mundo y con ello, se ha convertido en el líder mundial de procesamiento de litio hasta la fabricación de los bienes que los contiene.

Con lo anterior, China construye una red de infraestructuras a cambio de la explotación de minas en gran parte de América del Sur; Dussel (2022: 474) señala que:

¹ Las baterías de litio (LIB, por sus siglas en inglés) son un tipo de baterías recargables en las que los iones de litio se mueven del electrodo negativo al electrodo positivo durante la descarga y registran el camino inverso al cargar (López et al., 2019:73)

² El carbonato de litio, el cloruro de litio y el hidróxido de litio se utilizan para producir derivados

³ Por ejemplo: el carbonato de litio para cátodos en baterías de litio

⁴ 1 exajoule = 10¹⁸ joules

“China propone la ‘interconectividad’ en general y los planes de infraestructura en particular como núcleo de proyecto de globalización con características chinas”

Es, en éste aspecto qué: China ha planteado una estrategia de industrialización y modernización con el fin de asegurar transferencias de capitales globales al país a través de la “Reforma y Apertura China” (Arrighi, 2007), cuya finalidad engloba una serie de políticas implementadas desde 1978 que buscaron introducir la economías de mercado en el país y qué en tan solo 60 años han llevado a China a convertirse en la segunda economía más poderosa del mundo y un centro de manufactura e innovación.

De forma paulatina, el gobierno chino bajo la iniciativa de la *One Belt One Road (OBOR)* ha logrado una sobreacumulación de recursos con los que se asegura su posición mundial a través de la expansión geográfica (Harvey, 2005). China ha incrementado de forma sostenida su demanda de recursos naturales y su oferta de construcción de infraestructuras, lo que ha motivado la reprimarización⁵ de las economías latinoamericanas. Una contradicción emergente entre la búsqueda por construir una sociedad en términos ecológicos en China sin cuestionar los patrones de producción y consumo capitalistas (Bonelli, et.al. 2022) y en su lugar, el ensalzamiento del litio, entre otro minerales, como estabilizador ecológico y económico.

Como mineral, el litio se puede encontrar de forma natural en depósitos de roca dura o en lagos salados (salares). Es comercialmente viables después de que se extrae a través de la minería. Australia, el mayor productor mundial de litio comercial, extrae directamente de los depósitos de roca dura. Por el contrario, los países del “Triángulo del litio” (Argentina Bolivia y Chile) se caracterizan por los depósitos naturales de litio que se encuentran debajo de su las extensas salinas y el clima árido -favorable- de Chile hace que el proceso del litio sea más fácil que en Argentina y Bolivia. Si bien tanto el contexto geográfico como el clima del Triángulo del Litio son factores importantes para la extracción exitosa del mineral, el clima de inversión poco propicio en Argentina y Bolivia ha sido un factor aún más determinante en la transformación de sus recursos de litio en reservas comercialmente viables.

El dominio de China, así como sus empresas insignia, han entrado en debate respecto a sus procesos productivos, tecnología y conocimiento de punta en América Latina. De acuerdo a Miguez y Sztulwark (2012) China y dichas empresas realizan esfuerzos por impedir la pérdida de control de estos procesos productivos, ya que el grueso de las ganancias proviene

⁵Una aproximación empírica y comparativa puede encontrarse en Santana Suárez (2018) “¿Reprimarización en América Latina?: Efectos de la demanda china sobre el patrón exportador latinoamericano y las estructuras económicas internas (1995-2016)” y en Dussel (2022) “Monitor of Chinese OFDI in Latin America and the Caribbean 2022”

actualmente de las “rentas de innovación”; es decir, de aquellas mercancías situadas en la frontera tecnológica que les permite adueñarse de porciones de mercado.

En general lo que suelen descentralizar los países dominantes es tecnología que resulta obsoleta o está en vías de serlo. En términos de productos finales de litio, no es por la vía de la “seducción” a los gigantes globales que el “Sur global” será parte de ellos. Aunque es posible que sea preciso realizar algún tipo de vinculación para completar un proceso local, y en este punto se señala a China como el país más receptivo. Igualmente, una cosa es una producción en manos de una empresa transnacional y otra, un proceso tecnológico de fuerte estabilidad local.

La importancia estratégica emergente del Triángulo del litio continúa atrayendo el interés de una inversión extranjera significativa, ya que los países buscan obtener una ventaja tecnológica a través del control de ésta industria. Dado que las cadenas globales de valor de litio serán cruciales para el futuro de la tecnología y la energía limpia, el litio desempeñará un papel en la competencia geoestratégica de dos grandes potencias (Estados Unidos y China) en los próximos años.

La creciente presencia de China en los sectores energéticos de América Latina desafía la hegemonía tradicional de mercado de los Estados Unidos, presenta una vigorosa competencia y plantea interrogantes sobre el acceso de otros países a los suministros actuales y futuros del litio. También genera interrogantes para las naciones receptoras de inversión China como la posibilidad de un endeudamiento excesivo, corrupción, daño ambiental, problemas laborales y resentimiento de los fabricantes locales, quienes a menudo son excluidos.

El litio ya es crítico para el sector de alta tecnología, pero las capacidades de extracción, procesamiento y fabricación influirán aún más en la dinámica geopolítica en los próximos años a medida que el mundo experimente su transición energética naciente y la evolución del transporte. A corto plazo, China se beneficiará de su casi monopolio, pero, en última instancia, su propia demanda interna creciente limitará la duración de su control sobre el sector y eventualmente forzará la diversificación de la producción.

2. China y sus empresas invierten en el litio latinoamericano

China ha estado invirtiendo en América Latina desde sus grandes empresas. Se trata de gigantes en telecomunicaciones, industrias extractivas, energía hidroeléctrica, desarrollo de infraestructura, altas tecnologías y servicios financieros, entre otros rubros. Según el listado de la revista Fortune, China domina la lista por tercer año consecutivo, 136 de las 500 empresas más grandes del mundo son chinas (Fortune, 2022), entre ellas las empresas de alta tecnología, energía, automotrices y de telecomunicaciones han tomado los primeros puestos en la lista.

De acuerdo con la literatura sobre los impulsores de los flujos internacionales de capital (Calvo et al. 1993; Bruno y Shin 2015, Dussel, 2019), tanto los factores de empuje como los de atracción pueden estar en juego. Por un lado, la estrategia nacional de China de liberalizar los flujos de capital y expandir su huella en las finanzas globales, especialmente a través de la Belt and Road Initiative (BRI), es un importante factor de impulso. Solo en América Latina, China ha establecido tres fondos regionales desde 2015 para respaldar su inversión en la región: el *China-LAC Industrial Cooperation Investment Fund* (Fondo CLAI) con un tamaño de \$30 mil millones de dólares; el *China-LAC Cooperation Fund* (Fondo CLAC) de \$10 mil millones de dólares; y el *Special Loan Program for China-Latin America Infrastructure* de US\$20 mil millones (Myers y Ray 2021).

El ciclo financiero global de la última década también desempeñó un papel en el apoyo a los préstamos en el extranjero de las corporaciones chinas, que a su vez financiaron parte de su inversión en el extranjero (Ding et al., 2019). Por otro lado, dado el gran tamaño de la inversión china en el extranjero, la viabilidad comercial debe ser una consideración importante para las corporaciones chinas. Los factores de atracción, como las condiciones del mercado, los marcos institucionales y regulatorios de los países de destino de las inversiones y la calidad de la infraestructura local y la mano de obra, también serían importantes para atraer la inversión china

Dussel (2019), en referencia a Koleski y Blivas (2018), hace hincapié en la creciente inversión de China en América Latina [...] para satisfacer la creciente demanda de materias primas y es en éste sentido la consideración de Dussel (2022) hacia una dinámica de la inversión china en los países latinoamericanos, dónde indica que aunque Brasil sigue siendo el principal receptor de la inversión regional, Chile (21.15%) México (17.85%) y Perú (16.43%) se han vuelto más fuertes en éste sentido.

El *Monitor of Chinese OFDI in Latin America and the Caribbean 2022* (Red Académica de América Latina y el Caribe sobre China, 2022), señala una clara diversificación de la inversión. En sentido estricto de éste estudio, los sectores de metales, minerales y minería; y energético han presentado una dinámica de diversificación en la región. Dussel (2002) con base en Monitor, señala que el sector metales, minerales y minería alcanzó más del 80% entre 2000-2009 pero cayó hasta el 38% entre 2015-2021.

América Latina y el Caribe: inversión extranjera directa china por sector (2000-2021)
(porcentaje sobre el total)

Año	Inversión china por sector (%)	
	Metales, minerales y minería	Energético
2000-2004	81.39	0.00
2005-2009	89.98	1.87
2010-2014	37.64	31.87
2015-2021	26.54	38.94
2000-2021	38.01	31.85

Fuente: Dussel (2022) en base a Monitor of Chinese OFDI in Latin America and the Caribbean 2022

Estos dos sectores han cobrado gran relevancia en lo que respecta a la economía eléctrica china en los últimos años. El gobierno chino ha puesto en marcha su “*New infrastructure plan*” que orienta su financiación nacional e inversión hacia el extranjero en línea con su estrategia a mediano plazo de impulsar su economía a través de la inversión en ciencia y tecnología así como la construcción de nuevas megaestructuras (Meidan, 2020). El plan se enfoca en tres áreas: primero, la aplicación de tecnologías de punta, incluyendo infraestructura 5G, centros de *big data* e inteligencia artificial; en segundo lugar, la integración de sectores de infraestructura tradicionales como el transporte con tecnología avanzada como ferrocarriles interurbanos de alta velocidad y transporte ferroviario e infraestructura de carga para vehículos eléctricos; y tercero, mayores inversiones en capacidades innovadoras y bienestar público avanzado, enfocados en la red de internet a nivel industrial y ultra-voltaje. Para poner en marcha éste plan la *National Development and Reform Commission of the People's Republic of China* (NDRC, 2020) señaló un inversión (dentro y fuera del país) total de 10 billones de yuanes (1.4 billones de dólares estadounidenses) para el período 2020-2025 enfocados en los rubros que integran el plan.

Y es aquí donde China se plantea el reto de abastecerse de materias primas para poner en marcha la segunda área del plan. La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2019), señala que durante los últimos 20 años, el gigante asiático ha expandido agresivamente su participación en inversiones energéticas y mineras en América Latina.

Actualmente, China domina la producción mundial de EV (Stauffer, 2021) y en gran parte, esto se debe a que ha adquirido el 56% del suministro de litio químico necesario para la fabricación de baterías para ellos y cómo uno de sus ejes en la iniciativa “*Made in China*

2025 (MIC₂₅)”⁶ para mejorar el sector manufacturero (Zenglein y Holzmann, 2019). Para mantener esta ventaja competitiva, las empresas chinas ahora están aumentando sus inversiones en el Triángulo del Litio. Ganfeng Lithium de China, por ejemplo, es el accionista mayoritario en la operación Caucharí-Olaroz en Argentina (una de las principales minas de producción de litio del mundo) (Scheyder, 2020). De manera similar, en Chile, Tianqi Lithium de China se convirtió en el segundo mayor accionista de SQM, la compañía minera de litio más grande del país, con el 23.8% de las acciones (De la Jara, 2018). Las empresas chinas Ganfeng Lithium y Tianqi Lithium ahora representan dos de las tres principales empresas mineras de litio del mundo, pero China no solo ha aumentado su inversión en los países del Triángulo, sino que también ha fortalecido sus relaciones bilaterales a través de su diplomacia.

En los últimos años, China ha aumentado considerablemente sus adquisiciones de proyectos importantes en transmisión y distribución de energía eléctrica, energía renovable y extracción de minerales y tierras raras, en América Latina; el litio de la región juega un papel clave dentro de este proceso (Sistema Económico Latinoamericano y del Caribe, SELA 2021). Por ejemplo, en 2020, las fusiones y adquisiciones (modalidad a través de la cual se realizaron las inversiones más grandes) chinas en los sectores energéticos de América Latina aumentaron, alcanzando los \$7.7 mil millones, o una cuarta parte de todas las adquisiciones chinas en todo el mundo (*Institute of the Americas*, IOA 2021). La CEPAL (2022) señala que entre 2000 y 2021, China realizó inversiones y préstamos por más de \$113 mil millones en sectores energéticos de América Latina, la mayoría se destinó a proyectos de petróleo y gas natural, seguidos de energía renovable. Desde las adquisiciones de la empresa privada de energía renovable más grande de México y proyectos de energía limpia en Colombia hasta las adquisiciones de las principales empresas de transmisión y distribución de electricidad en Brasil y Chile, lo que revela la faceta más conocida de las conexiones económicas y financieras de China en América Latina. China está proporcionando a los países de América Latina y el Caribe algunas de las tecnologías más avanzadas del mundo en sistemas de energía solar y eólica a precios muy competitivos, ganando así una ventaja sobre otros competidores internacionales para la captación de recursos estratégicos.

Cuando China habla de recursos estratégicos, es imperante remitirse al centro de la revolución para el almacenamiento de energía: el litio; y son los vastos recursos de éste en América Latina, los que han colocado a la región en una posición única para capitalizar las innovaciones emergentes. Los llamados países del Triángulo del Litio, poseen los recursos de litio extraíbles de salmueras más grandes del mundo, equivalente a más de la mitad de los recursos mundiales. Con datos del *United States Geological Survey* (USGS, 2021) Chile y Argentina son el segundo y cuarto productores de litio más grandes del mundo,

⁶Como parte del objetivo de convertirse en una superpotencia tecnológica, los vehículos eléctricos y de nueva energía de China están designados para desempeñar un papel crucial en un sector que es una de las 10 áreas clave identificadas en la estrategia industrial "Made in China 2025".

respectivamente, y Bolivia posee los recursos más grandes del mundo que aún no se han comercializado y desarrollado (Ver Tabla 1). Fuera del Triángulo del litio, se cree que México tiene los depósitos de litio de arcilla más grandes del mundo, mientras que en Perú y Brasil se ha encontrado litio en roca dura.

Tabla 1. Recursos de litio en el mundo

País	Recursos de litio (toneladas métricas)	Reservas de litio (toneladas métricas)
Portugal	270,000	60,000
España	300,000	n/a
Brasil	470,000	95,000
Zimbabue	500,000	220,000
Mali	700,000	n/a
Perú	880,000	n/a
Serbia	1,200,000	n/a
República Checa	1,300,000	n/a
México	1,700,000	n/a
Alemania	2,700,000	n/a
Canadá	2,900,000	530,000
R.D.D. Congo	3,000,000	n/a
China	5,100,000	1,500,000
Australia	6,400,000	4,700,000
Estados Unidos	7,900,000	750,000
Chile	9,600,000	9,200,000
Argentina	19,300,000	1,900,000
Bolivia	21,000,000	n/a
Total mundial	86,000,000	

Fuente: elaboración propia, con datos del USGS, 2021.

Hasta ahora, cada país latinoamericano ha adoptado diferentes enfoques para el desarrollo de su industria del litio. China ha encontrado altas barreras de entrada en Chile y un enfoque estatista en Bolivia y México han frenado sus inversiones en litio, por el contrario: ha encontrado un enfoque más favorable para invertir en Argentina, lo que ha resultado en la llegada de algunas de las compañías chinas de litio más grandes del mundo en los últimos años.

Con lo anterior, China se ha convertido en el mayor importador de litio de América Latina, esto para satisfacer su demanda industrial, tecnológica, energética y de movilidad eléctrica. Los cambios en los flujos y patrones comerciales se reflejan en los cambios de las inversiones

chinas en los países latinoamericanos (Ding, et.al., 2021). Por un lado la estrategia de China “*Going Global 2.0*”⁷ empuja a los inversionistas y empresas chinos a viajar al exterior para asegurar diversificar el suministro de recursos chinos. Con el apoyo de bancos de políticas de propiedad estatal como CBD y EXIM Bank, las empresas chinas se fueron al extranjero e internacionalizaron el suministro de recursos. Por otro lado, los actores chinos también se benefician de las oportunidades políticas que brindan las políticas neo-extractivistas en América Latina (Gonzales- Vicente, 2012).

De acuerdo a estimaciones del *China Global Investment Tracker (CGIT) del American Enterprise Institute (AEI)* y datos del Centro de Estudios China-México (CECHIMEX), desde el año 2003 a la fecha, China ha invertido en los sectores de minería, metales y minerales en América Latina 62,962.3 millones de dólares, en un total de 103 proyectos (concentrados en 14 países latinoamericanos), de los cuales, 28 son de índole privada y 75 de participación del estado. En los últimos años, es notable la participación china en proyectos de litio en América Latina, un ejemplo de ello es la transacción única de inversiones de Chengdu Tianqi en extracción de litio en Chile en cooperación con Sociedad Química y Minera (SQM), con un volumen de más de 4 mil millones de dólares, lo que representó más de la mitad de los flujos de IED de China a América Latina en 2018 (Dussel, 2019).

Ellis (2018) realiza un señalamiento hacia el reconocer la gran importancia de las empresas chinas en la industria de las tierras y minerales raros, por supuesto el litio en la política de China hacia América Latina, se basa en los principios de las relaciones de Estado a Estado y la no injerencia en los asuntos internos. Dicho esto, es importante comprender cómo, en esta nueva fase del *Going Global 2.0*, China puede trabajar mejor con los países latinoamericanos para fomentar su crecimiento y desarrollo. A partir de 2010, se observó un aumento constante de la inversión china y los flujos financieros, así como un cambio en éstos exclusivamente en minería y actividades extractivas y si bien ambos aspectos son bienvenidos, deben complementarse con incentivos para empresas conjuntas entre China y América Latina en términos de fabricación, desarrollo tecnológico y adición de valor a los productos básicos que abundan en la región; esto abriría nuevos caminos y también estaría en consonancia con el cambio de China hacia una economía de servicios y lejos de la industria pesada.

En general, las empresas mineras chinas prefieren comprometerse directamente con las empresas a través de los gobiernos locales (González-Vicente, 2012) y en éste sentido se ha observado que los inversionistas chinos pueden invertir en proyectos a mediano y largo plazo a pesar de los riesgos de reputación; ya que no tienen que depender de los mercados bursátiles y tiene fácil acceso a los préstamos de los bancos oficiales nacionales.

⁷ *Going Global 2.0* surgió con el objetivo de abordar las fallas de *Going Global 1.0* y garantizar que las empresas inviertan en el extranjero de manera más inteligente, con una mayor preocupación por las sensibilidades locales y la imagen de China. *Going Global 2.0* se divide en cinco conceptos a tratar: (1) asegurar el retorno de la inversión, (2) estimular la demanda global, (3) cambios en la cartera de inversión, (4) evitar dividir a las élites políticas, (5) fusión con operadores locales (China Policy, 2017).

Cuadro 1. Inversiones de empresas chinas en proyectos de litio en países de América Latina

Año	Empresa inversora	Empresa objetivo	Propiedad adquirida	País en América Latina y el Caribe	Tipo de inversión	Ciudad destino en América Latina y el Caribe	Inversión (millones de dólares)	Propiedad de la empresa inversora	Sector
2016	Tianqi Lithium Corporation	Sociedad Contractual Minera San Antonio	Aguas Calientes, Pujsa, Quisquiro	Chile	M&A	Antofagasta	S/N	1	Mining-Metals
2017	Tianqi Lithium Corporation	Sociedad Contractual Minera San Antonio	Siete Salares	Chile	M&A	Copiapó	S/N	1	Mining-Metals
2017	Tianqi Lithium Corporation	Albermarle	Salar de Aguilar, Salar de Parinas	Chile	JV	Copiapó	1,400.00	1	Mining-Metals
2018	Nextview	Lithium X	Sal de los Angeles y Arizaro	Argentina	M&A	Salta	265.00	0	Mining
2018	Jiangxi Ganfeng Lithium Co.,Ltd	Minera Exar & Lithium America. SQM	Cauchari-Olaroz	Argentina	M&A	Jujuy	87.50	0	Mining
2018	Jiangxi Ganfeng Lithium Co.,Ltd	Mariana lithium Corp. & Lithium America	Salar del Llullaillaco	Argentina	New	Salta	17.00	0	Mining
2018	Chengdu Tianqi Industry Group Co. Ltd. *	Sociedad Química y Minera de Chile SA.	Salar de Atacama	Chile	M&A	San Pedro Atacama	4,066.20	1	Mining-Metals
2018	Tibet Summit Resources	Lithium X	Salar de Diablillos	Argentina	M&A	Salta	210.00	1	Metals
2018	China National Machinery Industry (Sinomach)	Yacimientos de Litio Bolivianos	Coipasa	Bolivia	JV	Uyuni	1,000.00	1	Chemicals
2018	Tianqi Lithium Corporation	Talison Lithium	Siete Salares	Chile	JV	Atacama	3,500.00	1	Mining-Metals
2019	Jiangxi Ganfeng Lithium Co.,Ltd	Minera Exar & Lithium America. SQM	Cauchari-Olaroz	Argentina	M&A	Jujuy	160.00	0	Mining
2019	Jiangxi Ganfeng Lithium Co.,Ltd	Lithium Americas	Cauchari-Olaroz	Argentina	New	Salta-Jujuy	260.00	1	Metals
2019	XINJIANG TBEA GROUP	Yacimientos de Litio Bolivianos	Pastos Grandes y Coipasa	Bolivia	JV	Potosí y Oruro	2,300.00	0	Renewable Energy
2020	Tianqi Lithium Corporation	Chile's Simco SpA	Salar Maricunga	Chile	M&A	Atacama	350.00	1	Mining-Metals
2021	Zijin Mining Group Ltd	Neo Lithium	Tres Quebradas	Argentina	M&A	Catamarca	737.00	1	Mining
2021	Jiangxi Ganfeng Lithium Co.,Ltd	Arena Minerals	Sal de la Puna	Argentina	M&A	Salta	900.00	1	Mining
2021	Jiangxi Ganfeng Lithium Co.,Ltd	Litio Minera Argentina SA	Salar del Llullaillaco	Argentina	New	Salta	580.00	1	Mining
2021	Jiangxi Ganfeng Lithium Co.,Ltd	Millennial Lithium	Pastos Grandes	Argentina	M&A	Salta	280.00	1	Mining
2021	Ganfeng Lithium Co. Ltd.*	Bacanora Lithium PLC.	Sonora	México	M&A	Bacadéhuachi	264.50	1	Mining
2021	Tibet Summit Resources	Sin empresa objetivo	Salar Sal de los Ángeles	Argentina	New	Salta	1,700.00	1	Mining-Metals
2021	Tibet Summit Resources	Sin empresa objetivo	Salar de Arizaro	Argentina	New	Salta	1,015.00	1	Mining-Metals
2022	Jiangxi Ganfeng Lithium Co.,Ltd	Lithea. LSC Lithium B.V.	Pozuelos y Pastos Grandes	Argentina	M&A	Salta-Jujuy	825.00	1	Mining-Metals
2022	Jiangxi Ganfeng Lithium	Litica Resources	Pozuelos-Pastos Grandes	Argentina	M&A	Salta	960.00	0	Mining-Metals
2022	Zangge Mining Investment	Ultra Lithium Inc	Salmuera Laguna Verde	Argentina	M&A	Catamarca	50.00	0	Mining

Fuente: elaboración propia, con datos de Red ALC-China (2021), *China Global Investment Tracker* (2021) y procesos propios de scraping.

* JV: Joint venture; New: nuevas inversiones; M&A: fusiones y adquisiciones⁸

** Propiedad pública=1, propiedad privada=0

⁸ Las nuevas inversiones suponen una inyección de capital nuevo que amplifica la capacidad instalada y genera empleo nuevo, pueden ser de dos tipos: nuevas o expansiones. Las transacciones transfronterizas tipo fusiones y adquisiciones suponen únicamente un cambio de propietarios de una empresa previamente existente, por lo cual, por lo menos en el corto plazo no implica stricto sensu ampliación de la capacidad instalada y nuevo empleo.

El caso del litio, el "oro blanco" del nuevo siglo, es clave para el sector de la movilidad eléctrica en el que China lidera, sin embargo los esfuerzos para generar inversión china en la fabricación de baterías de litio aún no han rendido frutos hasta ahora. Esto perpetúa un patrón en el que los países latinoamericanos exportan principalmente materias primas a China mientras que importan productos manufacturados, acelerando la tendencia a lo que Castillo y Martins (2016) han denominado la "desindustrialización prematura" de países como Argentina, Brasil, Chile y México. En Argentina, en 1950, el 26% de los puestos de trabajo estaban en la industria, pero cayó al 10% en 2010; en Chile, cayeron de 20% a 9% en el mismo período. En la actualidad, la nueva ola de gobiernos progresistas es mucho más consciente que sus predecesores de la necesidad de políticas industriales para fomentar el desarrollo y el crecimiento. Las duras predicciones para el desempeño económico de la región en 2022, cuando se proyecta que crezca solo un 3 por ciento, el más bajo de cualquier región, reflejan no solo el impacto de la crisis actual, sino un fracaso más amplio. A medida que la región entra en un nuevo ciclo político, existe la oportunidad de salir del círculo vicioso de "auge y caída" que ha llevado a América Latina de una década perdida a otra. En esto, China y las empresas chinas pueden y deben desempeñar un papel importante.

3. El mercado del litio y la electro-movilidad china

China ha planteado su proyecto “*Standards 2035*”⁹ lo que de acuerdo a Wei (2021) está desatando una “guerra fría tecnológica”, las repercusiones de éste plan crearán bloques de influencia, cada uno siguiendo estándares técnicos separados que rigen las tecnologías emergentes y críticas así como el manejo de las materias primas que alimentan estos aspectos.

El eventual declive del dominio de Occidente en el dominio de los estándares ha ofrecido una oportunidad para que China desempeñe un papel más importante en la finalización y el establecimiento de estándares tecnológicos. El estado chino ha aumentado gradualmente sus capacidades técnicas y ha trabajado para fortalecer el sector tecnológico en el país durante las últimas dos décadas. El sector tecnológico privado nacional de China, apoyado por el estado, ha ganado un peso inmenso en el escenario internacional. Ahora, busca desempeñar un papel activo en la promoción de estándares técnicos globales y un mecanismo de gobernanza mundial para gobernar las tecnologías emergentes. De esta manera, China espera impulsar el crecimiento económico interno y proyectar influencia geopolítica. El gobierno chino argumenta que se necesita una renovación del mecanismo del marco de gobernanza de la tecnología internacional para romper la hegemonía existente de Occidente. Presidente, Xi

⁹ Siguiendo el plan estratégico '*Made in China 2025*', China lanzó oficialmente la estrategia '*China Standards 2035*' en 2018, con el objetivo de crear un modelo para que el gobierno chino y las principales empresas tecnológicas establezcan estándares globales para tecnologías emergentes, como 5G, *Internet of Things (IoT)*, inteligencia artificial (IA), manufactura de alta tecnología, manejo y control de minerales y tierras raras (*The State Council-The People's Republic of China, 2018*).

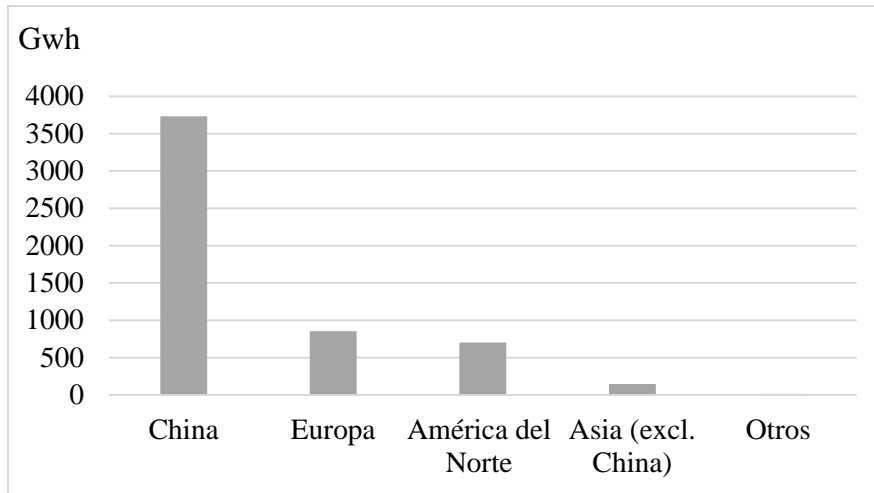
Jinping ha declarado categóricamente que las reglas globales no pueden ser impuestas por “uno o unos pocos países”.

El plan *Standards 2035* trabaja en concordancia con el XIV Plan Quinquenal 2021-2025 (*Ministry of Industry and Information Technology of the People’s Republic of China, 2021*), dónde la tecnología y el medio ambiente son dos temas principales, con varios capítulos dedicados a describir cómo los líderes de China esperan conducir al país hacia una economía impulsada por la innovación y buscar un desarrollo sostenible y de alta calidad. Las nuevas tecnologías automovilísticas, los vehículos eléctricos y los vehículos inteligentes conectados (ICV), se encuentran en la intersección de estos dos temas.

En una sección clave, el plan incluye a los vehículos eléctricos (EV, por sus siglas en inglés) en la lista de "industrias emergentes estratégicas" y tiene como objetivo aumentar el valor agregado a más del 17% del PIB para 2025 (Zhang, et. al. 2021). Los objetivos para las industrias emergentes estratégicas incluyen: (1) acelerar la innovación y la aplicación de tecnologías clave y centrales; (2) mejorar la provisión gubernamental de factores de producción; (3) desarrollar grupos industriales emergentes estratégicos; (4) alentar las fusiones y reorganizaciones corporativas; y (5) apoyo financiero a través de fondos de inversión industrial y garantías de financiación.

Es bajo los anteriores puntos que China avanza de manera veloz en la carrera por el control de los VE. En el condado chino de Fuding, el fabricante de baterías más grande del mundo, CATL, está construyendo su gigafábrica más ambiciosa hasta la fecha. La gran planta de baterías tiene una capacidad de producción anual planificada de 120 gigavatios hora (GWh), suficiente para alimentar alrededor de 1,2 millones de EV cuando se utiliza por completo. La escala y el ritmo al que CATL, así como otros actores nacionales y extranjeros, están desarrollando la capacidad de producción de baterías en China que no tiene comparación. *Benchmark Mineral Intelligence* (BMI, 2021) estima que China está en camino de tener 3733 GWh de capacidad de celdas de batería de iones de litio para 2031, más del doble de la capacidad total (1721 GWh) esperada en el resto del mundo. Hoy día China está muy por delante del resto del mundo en términos de capacidad de baterías de litio y continúa creciendo exponencialmente en comparación con sus contrapartes en América del Norte y Europa (BMI, 2021).

Gráfica 1. Capacidad de producción de celdas de batería de iones de litio para 2031



Fuente: elaboración propia con datos de BMI, 2021

Con datos propios obtenidos por técnicas de scrapping se han identificado un total de 178 fábricas chinas dedicadas a la manufactura y comercialización de baterías de litio, repartidas en varias provincias y destinadas a varios subsectores respecto a sector de EV, se han identificado los países latinoamericanos de los que se importa el litio (en caso de que se cumpla con esa condición).

Cuadro 2. Uso del litio por empresas chinas

Empresas chinas que usan litio en sus procesos y/0 productos	Tipo de empresa	Número de empresas por tipo	Productos elaborados a partir de litio y compuestos litio	Sector final y uso	Provincias chinas dónde se localizan las empresas	Número de empresas por provincia china	Principales mercado de destino (región o país)	País latinoamericano del que se importa litio	Número de empresas chinas que importan de Latinoamérica (por país)
178	Distribuidor/Mayorista	20	Prismático de iones de litio	Vehículos eléctricos, maquinaria y herramientas electricas	Guangdong	111	Medio Oriente	Argentina	51
	Exportadores	5	Batería de iones de litio	Comunicación	Zhejiang	12	Asia Oriental	Bolivia	19
	Fabricante	129	Batería de polímero de litio	Robótica y sector militar	Sichuan	1	Sur de Asia	Chile	26
	Fabricante y distribuidor	23	Celdas de iones de litio	Telefónica	Shandong	11	Sudeste de Asia	No define la región o país pero si importa de AL	18
	Otros	1	Batería LiFe (litio ferroso)	Electrónica	Shaanxi	1	Australia	No importa de AL	30
			Baterías de LiFePo4 (litio-ferrofosfato)	Accesorios y componentes electrónicos	Henan	2	Europa del Este	No define el país o región de importación	34
			Batería de botón de litio	Equipos y suministros eléctricos	Guangxi	2	Sur de Europa		
			Batería Li-MnO2 (litio-manganeso)	Energía	Jiangsu	4	Norte de Europa		
			Batería de iones de litio con caja de aluminio	Telecomunicaciones	Hunan	2	Europa Occidental		
			Batería de iones de litio cilíndrica	Hardware y software de computadora	Hebei	4	América del Norte		
			Batería Li-SClO2 (silicato de litio)	Electrónica de consumo doméstico	Shenzhen	25	Sudamérica		
			Batería de botón Li-MnO2 (dióxido de litio-manganeso)	Tecnología	Fujian	1	Sudáfrica		
			Batería LiFeS2 (disulfuro de litio)	Maquinaria y equipo agrícola	Hubei	1	Mercado Interno		
			Sal inorgánica de litio	Industria de alta tecnología	Liaoning	1			
			Cristales LiH2PO4 (dihidrógeno fosfato de litio)	Medicina.					
			Batería Li-SoCl2 (litio-cloruro de tionilo)	Transporte de carga.					
			Acetato de litio	Plásticos y químicos					
		Batería Li2TiO3 (titanato de litio)							
		Batería de iones de litio de polímero de alta velocidad							
		Batería prismática de iones de litio							

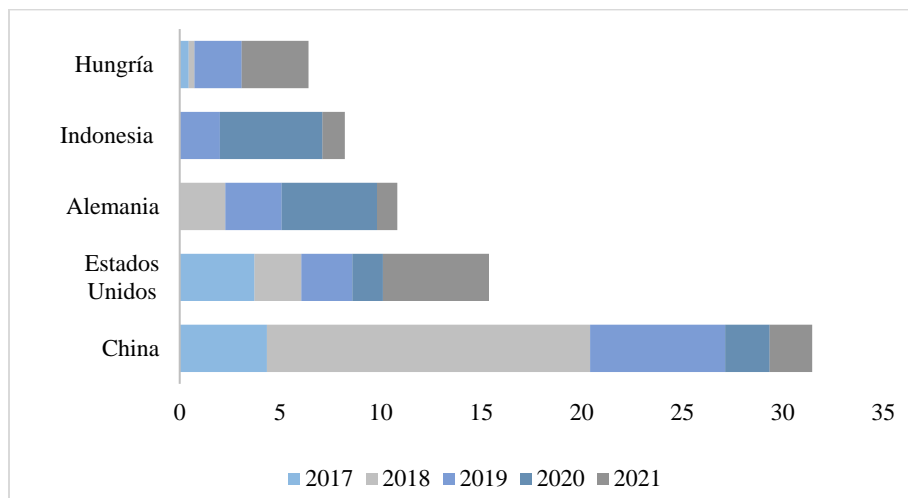
Fuente: elaboración propia, procesos propios de scraping.

En línea con la posición bien establecida de China como un centro de producción global en prácticamente todas las industrias, el país alberga fábricas que producen baterías para todo, desde vehículos eléctricos y scooters eléctricos hasta productos electrónicos de consumo y juguetes (IHS Markit, 2021). La posición dominante del país en baterías, así como los minerales necesarios para construir sus componentes subyacentes, hace que sea muy poco probable que cualquier otro país o región lo supere como el principal centro de producción mundial.

Han surgido “campeones nacionales” dentro de este entorno de apoyo, incluidos fabricantes de baterías como CATL y Gotion, así como nuevas empresas puramente eléctricas como Nio y gigantes automotrices mundiales como Geely. Una de las empresas chinas más destacadas es BYD, un fabricante global de baterías y vehículos eléctricos en Shenzhen. Tiene nueve bases de producción en China, así como fábricas en otros países, incluidos Estados Unidos, Canadá, Hungría e India. (Mak, et. al, 2022) señalan que el éxito de China como centro y mercado de producción de vehículos eléctricos se basa en una variedad de políticas coordinadas e innovación lo que lo convierte en el líder mundial de producción.

Si bien los campeones nacionales de baterías CATL y BDY, representan una gran parte de la capacidad de batería planificada, muchas empresas extranjeras tienen algunas de sus operaciones globales más importantes en China.,

Gráfica 2. Inversión extranjera directa en baterías de litio en China, 2017-2021



Fuente: elaboración propia con datos de BMI, 2021

Si bien China no alberga depósitos significativos de minerales cruciales para baterías, como litio, cobalto y níquel, las empresas chinas han invertido mucho en minas en todo el mundo.

Cuadro 3. Tipos de cátodos por metales y principales aplicaciones

Tipos de cátodos	Materias primas	Principales aplicaciones
NCM/NCA	Níquel, cobalto, manganeso/aluminio	Baterías de energía para EV, baterías para electrónicos de consumo
LFP	Fosfato de litio-hierro	Baterías de energía para EV, baterías para electrónicos de consumo
LCO	Óxido de litio-manganeso	Baterías para productos electrónicos de consumo, pequeñas baterías de litio utilizadas en productos como drones
LMO	Óxido de litio-manganeso	Baterías de energía con requisitos de densidad de energía relativamente bajos, como bicicletas eléctricas y vehículos eléctricos pequeños

Fuente: elaboración propia con información de Rystad Energy (2022)

De acuerdo con los datos de Rystad Energy (2022), en 2021, el procesamiento de estos minerales para baterías en China, representó el 65% de la capacidad mundial de procesamiento de metal de litio para baterías y se espera que mantenga el 56.5 % de esa participación de mercado para 2025.

China tiene una posición muy dominante en el procesamiento intermedio y la fundición de metales, por lo que es poco probable que los fabricantes de baterías puedan operar sin el suministro de materiales chinos. Irwin-Hunt (2022) señala que el acceso a los metales aptos para baterías es fundamental para la viabilidad de las operaciones de fabricación, la posición de las empresas chinas en toda la cadena de suministro, incluidos los productos químicos y los precursores, hace que el mercado sea indispensable.

4. China cómo formador de la cadena global de valor de litio

El COVID-19 ha supuesto un revés sin precedentes para la economía mundial, lo que ha obstaculizado los esfuerzos mundiales para reducir la pobreza extrema y la desigualdad. En 2020, la pandemia provocó una contracción global del producto interno bruto (PIB) del 3.3 por ciento la recesión económica más profunda desde la Segunda Guerra Mundial y se estima que 100 millones de personas cayeron en la pobreza extrema (World Bank, 2020). El comercio mundial se contrajo bruscamente, debido a las medidas de confinamiento, cuarentena y distanciamiento social, junto con las restricciones de viaje y el cierre de fronteras (una parte importante de la respuesta política inicial a la pandemia), la interrupción del transporte de mercancías, los viajes de negocios y el suministro de servicios (OMC,

2020). El uso y la amenaza de restricciones a la exportación de artículos esenciales durante la crisis reforzaron el escepticismo sobre un sistema de comercio abierto al limitar el acceso en muchos países de bajos y medianos ingresos y aumentar los precios.

Hasta la fecha, independientemente de las presiones para mirar más allá de China, las cadenas de valor mundiales no han salido de China en cantidades significativas. Aunque China fue la primera en ser golpeada por el COVID-19, su economía volvió a funcionar antes que cualquier otra. China parece ser importante para las empresas multinacionales, así como para el amplio espectro de eficiencias del lado de la oferta. China es un clúster en sí mismo.

Gereffi y Fernández-Stark (2011) y Gereffi y Lee (2012) establecen la metodología para las cadenas de valor globales (GVC, por sus siglas en inglés) es un enfoque sistemático del desarrollo económico que combina análisis amplios de las estructuras y tendencias mundiales de la industria con un mapeo detallado de las cadenas de valor nacionales y con los agrupamientos económicos locales, con base en estadísticas económicas existentes, provenientes de entrevistas e investigaciones de campo que involucran a empresas líderes e intermediarios, a proveedores nacionales y a participantes institucionales.

Por su parte Dussel (2018) señala aspectos detallados para las GVC y desarrolla una síntesis metodológica donde se establecen cuatro niveles de estudio.

Cuadro 3. Síntesis metodológica: ámbitos de estrategias, políticas e instrumentos

Macro	Crecimiento económico
	Comercio exterior
	Financiamiento
	Tipo de cambio
	Incentivos fiscales
	Inversión extranjera directa
Meso	Organismos empresariales
	Organismos públicos
	Relaciones interempresa
	Política industrial, comercial, CyT
Micro	Productividad
	Proveedores y clientes
	Demás medidas “internas” a las empresas
Territorial	Prioridad territorial-sectorial de CGV
	Especialización territorial de ,CGV y segmentos
	Instrumentos territoriales

Fuente: Dussel (2018)

Con los métodos planteados por el autor, el análisis territorial juega un papel importante en éste estudio, señala los procesos y productos en el tiempo y el espacio que se originan en el ámbito “glocal” para conocer las estructuras sociales, inter e intrafirma a nivel local, nacional y global.

Considerando los procesos que integran la GVC del litio hasta la elaboración de productos para la electromovilidad, se considera a Dussel (1999) que señala:

“[...] son mercancías altamente sofisticada a las que deberían aspirar los territorios para lograr un proceso de escalamiento” (pág. 51)

Contreras y García (2000) en razón de Humphrey y Schmitz (2000) señalan que el escalamiento (upgrading) se refiere a los procesos de mejora que incrementan el valor agregado e indican cuatro tipos de escalamiento:

1. de producto, cuando se pasa a la producción de bienes y servicios más sofisticados;
2. de proceso, cuando la empresa logra transformar los insumos en productos de manera más eficiente mediante la reorganización de los sistemas de producción o la mejora tecnológica;
3. funcional, cuando se incorporan nuevas funciones de mayor valor agregado, como el diseño y la comercialización, y se dejan funciones de menor valor, como el ensamble, e intersectorial
4. cuando se aplican las competencias adquiridas en determinada industria o sector para transitar a otro nuevo, intensivo en capital y tecnología

Frente a la carrera de la electromovilidad, existe la oportunidad de generar una industria de fabricación de baterías de litio, promoviendo la integración de la cadena de valor y superar la reprimarización actual del sector.

Los gobiernos de los países del triángulo del litio y de los que no forman parte de él han estado explorando oportunidades para agregar valor a sus activos de litio yendo más allá de la simple producción en bruto y hacia la fabricación de productos complejos. Por ahora, la cadena de valor del litio permanece dispersa, con la minería concentrada principalmente en América Latina y Australia y el procesamiento de litio dominado por China (*European Commission*, 2020). Las consecuencias económicas de la pandemia presentaron nuevos desafíos para los países del triángulo del litio, interrumpiendo la producción, posponiendo la inversión y reduciendo la demanda.

Con su plan de recuperación de 2020, China busca reforzar los objetivos de desarrollo nacional existentes, acelerar la recuperación económica del país a corto plazo y apoyar los esfuerzos para aumentar su posición de China en las cadenas de valor mundiales a largo plazo.

China juega un papel clave en la cadena de valor de cinco de las nueve tecnologías¹⁰ señaladas en el informe *Critical Raw Material for Strategic Technologies and Sectors in the UE* (European Commission, 2020) y su mayor control es sobre la industria de los paneles solares, y los vehículos eléctricos.

De acuerdo a Brennan y Guo (2018), China persigue tres objetivos estratégicos para reforzar su suministro de litio: (1) desarrollar sus recursos nacionales de litio, (2) diversificar sus importaciones de litio y (3) aumentar su influencia sobre la cadena global de valor del litio.

1. **Desarrollar los recursos domésticos de litio:** China depende en gran medida de las importaciones para satisfacer sus necesidades de materia prima de litio, por lo que desarrollar sus recursos nacionales es un asunto apremiante. En la actualidad el país es el mayor consumidor mundial de compuestos de litio, y la demanda interna se disparará en las próximas décadas a medida que China cambie a vehículos eléctricos.

La presión para mejorar la autosuficiencia en el suministro de recursos minerales de litio refleja la presión que enfrenta el país para reducir su dependencia de las importaciones de energía, de acuerdo al *Energy Security Index* (Global Energy Institute, 2020), China presenta uno de los peores desempeños a nivel mundial en términos del indicador de autosuficiencia energética, ya que debe importar alrededor de la mitad de sus necesidades energéticas.

La extracción nacional a gran escala aún no ha despegado porque tanto el litio derivado de la salmuera como el de la roca presentan problemas para los productores: la calidad de los depósitos de salmuera de China es generalmente inferior a la de los depósitos que se encuentran en el “Triángulo del litio” (Argentina, Bolivia y Chile) en América del Sur.

A pesar de los desafíos asociados con la explotación comercialmente viable a gran escala, la industria minera de litio de China sin duda recibe una amplia inversión y apoyo político respaldados por el Estado con el fin de reducir su dependencia externa.

2. **Diversificar las importaciones de litio:** China importa la mayor parte de su suministro de litio *upstream* de los tres grandes productores (Chile, Argentina y Australia). Éste modelo de importación concentrado geográficamente expone a China a interrupciones en el suministro en caso de, por ejemplo, una crisis política, una prohibición de exportación o un desastre natural en uno de estos países.

Para reducir su dependencia de un puñado de proveedores, China ha diversificado la fuente de sus importaciones de litio: ha replicado un modelo que ha adoptado con éxito en el sector

¹⁰ (1) Tecnología avanzada de baterías (Li-ion), (2) celdas de combustible, (3) generadores de turbinas eólicas, (4) motores eléctricos de tracción (imanes permanentes), (5) tecnología fotovoltaica, (6) robótica, (7) drones (vehículos aéreos no tripulados o UAV) (8) impresión 3D (3DP; fabricación aditiva o AM), (9) tecnologías digitales (European Commission, 2020).

de hidrocarburos. Por lo tanto, es probable que las empresas chinas reciban estímulos gubernamentales para firmar acuerdo de compra y asociaciones estratégicas con empresas de centros de producción emergentes y de nivel medio, como Zimbabue, Brasil, Bolivia y Canadá, para crear un modelo de importación más diversificado.

3. **Aumentar la influencia sobre la cadena global de valor del litio:** se espera que la demanda mundial del litio se multiplique para 2025 y China desconfía de depender únicamente de las fuerzas del mercado para satisfacer sus propias necesidades internas que aumentan exponencialmente. Por lo tanto, el gobierno chino brindará un amplio respaldo, aunque a veces no oficial, para una ola de inversiones globales en forma de crédito barato y apoyo diplomático a las empresas privadas y estatales del país.

Un papel dominante para las empresas chinas en toda la cadena de valor global aseguraría el acceso preferencial a los recursos de litio para los fabricantes nacionales de China y aumentaría su influencia sobre los precios, particularmente en el caso de una futura escasez de suministro. Es más que probable un apoyo estatal considerable para las empresas china que invierten en activos de minería de litio e instalaciones procesamiento en el extranjero: esto llegará cada vez más no solo a los productores tradicionales de litio, como Tianqi Lithium y Ganfeng Lithium.

La cadena global de valor de la minería de litio que incluye todo, desde la extracción de materia prima hasta la entrega de productos finales al consumidor, es la columna vertebral de la industria. Las empresas que gestionan bien su cadena de valor pueden establecer una fuente significativa de ventaja competitiva y creación de valor, por el contrario, es probable que aquellos que descuidan su cadena de valor encuentren cuellos de botella y restricciones que limitarán el rendimiento de los envíos y el riesgo, también se enfrentan a la presión de los cambios recientes de los mercados de producción básicos (fuertes fluctuaciones de precios, grupos de valor cada vez más reducidos, estructuras de mercado cambiantes con nuevos participantes y regulaciones más estrictas).

5. De Latinoamérica a China: algoritmos genéticos par la cadena global de valor del litio

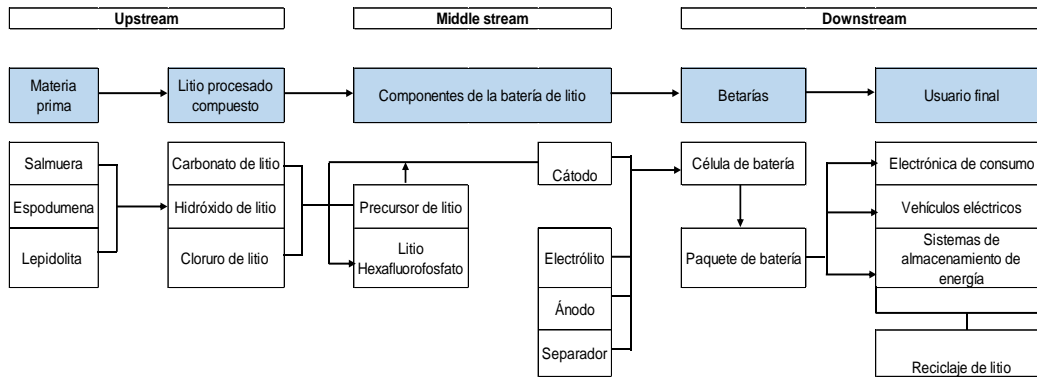
La creciente fragmentación de la producción y la dispersión geográfica de las actividades añaden peso a la importancia de las CGV, generando una creciente complejidad de relaciones dentro del proceso de globalización en términos de ubicación y generando fuertes vínculos entre las cadenas globales de valor y su geografía económica (Cano-Kollmann et al., 2016). En particular, Mudambi (2008) muestra cómo las actividades no estandarizadas y de alto valor agregado se localizan principalmente en países avanzados, donde se crea el conocimiento. Sin embargo, en los países en desarrollo las actividades en su mayoría estandarizadas y repetitivas son las que concentran la mayor parte, con poco valor agregado y generalmente orientadas a la manufactura; pero también existe evidencia empírica de la

ubicación de actividades de mayor valor agregado en países emergentes que han logrado construir capacidades tecnológicas más complejas (Schmitz y Strambach, 2009; Lema et al., 2015). Las actividades dentro de la cadena de valor generalmente se organizan de forma secuencial e involucran a varios sectores económicos, cada uno de los cuales está especializado o estandarizado y define un proceso de co-evolución entre las empresas y sus respectivas ubicaciones (Lema et al., 2018; Sturgeon, 2001). Una porción de la literatura relacionada se enfoca en aspectos organizacionales e institucionalistas, gobernanza y efectos de clúster, creación y difusión de conocimiento (Dussel, 2009, Gereffi, 1995; Gereffi et al., 2005; Humphrey and Schmitz, 2000; Kogut, 1984, 1985; Mudambi, 2008). Sin embargo, los estudios de la cadena de valor global del litio siguen siendo escasos y se han centrado principalmente en la etapa primaria y sus aplicaciones; aún falta una desagregación de la cadena global de valor del litio y un conocimiento profundo de sus diversos componentes y tecnologías (Ebensperger et al., 2005; Gruber et al., 2011; Narins, 2017; Prior et al., 2013; Stephan et al., 2017; Vikström et al., 2013; Yaksic y Tilton, 2009).

De acuerdo con datos del *International Trade Centre* (2021) y del *World Integrate Trade Solution* del *World Bank* (2021), el continente americano es el principal exportador de componentes de las etapas iniciales de la cadena global de valor del litio, mientras que Asia es el principal importador, con China encabezando la lista.

Un primer paso en esta exploración de la generación de tecnología dentro de la cadena global de valor del litio es la descripción de los componentes y las etapas de producción de la cadena de valor en su conjunto, de acuerdo con las economías involucradas y sus interconexiones. En relación con los componentes involucrados en la cadena, varios estudios ofrecen un cuadro completo y distinguen entre las tres etapas principales involucradas en los diversos sistemas y subsistemas (Comisión Chilena del Cobre, 2009; Ebensperger et al., 2005; Prioretal., 2013 y Stephan et al., 2013, Deutsche Bank, 2018).

Diagrama 1. Cadena global de valor de litio



Fuente: elaboración propia con datos de *European Commission*, 2020

La primera etapa *upstream* (etapa de producción) corresponde a la extracción de litio, casi exclusivamente de minas (litio concentrado) y de salmueras (donde se produce carbonato de litio). Ésta etapa incorpora una fase que incluye la producción de hidróxido de litio, cloruro de litio y carbonato de litio. La segunda etapa de producción secundaria o *middle stream* integra los componentes necesarios para la elaboración de componentes secundarios de baterías. La tercera etapa de aplicaciones o *downstream* se refiere a la fase final en la cadena global de valor del litio elemental e incluye tanto baterías primarias (células de baterías) como secundarias (paquetes de baterías) y la aplicación de estas baterías en los sectores que las demandan. Los estudios de Ziemann et al., (2012) y Talens et al. (2013) analizan el proceso de transformación del litio y destacan que el flujo de entrada de las salmueras es más eficiente y competitivo para obtener carbonato de litio debido a su mayor contenido en éste (el carbonato de litio se procesa adicionalmente para producir productos intermedios y, en particular, hidróxido de litio y cloruro de litio; este último se utiliza en baterías como electrolito y en la producción de metal de litio). En consecuencia, las baterías de litio están formadas por diferentes componentes integrados en un subsistema perteneciente a un sistema ensamblado compuesto por electrónica, redes eléctricas, maquinaria y computadores, entre otros (Stephan et al., 2017; Winter y Brodd, 2004).

La participación de mercado de cada componente en la cadena de valor del litio más amplia es en particular significativa por su relevancia en cada eslabón¹¹. Con los datos del *International Trade Centre* (2021) se observa que la producción primaria de litio en la cadena global de valor del litio se concentra en los países latinoamericanos y la relevancia de ésta se considera teniendo en cuenta que sólo dos componentes representan casi el 65% de la participación total del mercado mundial de litio. De hecho, la participación de mercado

¹¹ La cadena global de valor más amplia del litio incluye otros insumos intermedios (fluoruro de litio, bromuro de litio y butil litio) que sirven para la producción de cerámica y vidrio, lentes ópticos, lubricantes, aparatos de aire acondicionado, deshumidificadores de aire, caucho sintéticos y productos farmacéuticos

dominante tanto en la primera como en la segunda etapa para 2021 fue el carbonato de litio, qué representó el 51% de las ventas globales totales de litio.

Mapa 1. Redes comerciales de litio en el mundo en 2021



- Intercambio comercial actual de carbonato de litio
- Intercambio comercial clave entre países que se pueden agregar

Fuente: elaboración propia con datos del *International Trade Centre (2021)* y proceso de *sprapping*

La creciente aplicación del litio en la fabricación de baterías secundarias se debe principalmente a su peso: las baterías de litio son más ligeras que las compuestas por elementos más pesados, sin efectos negativos sobre la capacidad de memoria y con una menor tasa de descarga (Winter y Brodd, 2004). Por estas razones, las baterías secundarias de litio se utilizan cada vez más en productos electrónicos de consumo, automóviles y redes eléctricas, dispositivos médicos, artículos de ocio y otra maquinaria (Stephan et al., 2017). De hecho, los envíos mundiales de baterías de litio primarias y secundarias están altamente correlacionados con el PIB mundial, en 0.95 y 0.99, respectivamente (Gruber et al., 2011). Con respecto a otros usos finales del litio, Xin Li (2022) se estima que la demanda acumulada máxima de litio (para aplicaciones distintas de las baterías) alcance alrededor de 3.16 millones de toneladas en el período 2010-2030. En términos de aplicaciones de baterías, suponiendo una tasa de crecimiento constante del 3% en el PIB mundial y una tasa de reciclaje del 90%, la predicción es que la demanda máxima de litio (para uso en baterías) será de 3.6 millones de toneladas solo para dispositivos portátiles y 12.8 millones de toneladas para coches eléctricos (Gruber et al., 2011). La consecuencia es que la cadena global de valor del litio está claramente dominada hoy por la producción de baterías.

Si bien China se enfrenta a una demanda cada vez grande de energía y a una mayor competitividad tecnológica y eléctrica con otros países, son los países latinoamericanos concentrados en el “Triángulo del litio” junto con México, los que se enfrentan al mayor

reto en términos de extracción, procesamiento, transporte y mecanismos técnicos en lo que respecta a la cadena global de valor de litio.

Lo anterior lleva a plantear el desarrollo de algoritmos genéticos (AG); los AG es una técnica de inteligencia artificial (IA) estocástica que utiliza un proceso de búsqueda de soluciones que emplea una metáfora de los fenómenos evolutivos naturales observados (Gen y Cheng 2000; Min, 2010), la aplicación en éste estudio tiene como objetivo calcular el nivel de integración y rendimiento de los eslabones que integran la cadena de valor del litio dada entre China y los países latinoamericanos que le proveen de litio, lo que llevará a comprobar la solidez de su rendimiento en los diferentes escenarios, el cálculo y análisis lleva a optimizar las características particulares para vez corregir y las fallas detectadas en la cadena de valor de litio entre China y los países latinoamericanos. Para ello, se construye un modelo de AG, construido en base a estudios de Syarifet et.al. (2002), Altiparmaket al. (2005,2006, 2007), Chanet (2005), Gen y Syarif (2005), Tasan (2006); Yeh (2006,) Alievet (2007), Parket et. al. (2007), Farahani y Elahipanah (2008), Liang (2008), Min y Zhou (2002), Gen y Cheng (2000) dónde se evalúan los aspectos clave que optimizan la cadena de valor, para poder predecir su comportamiento en razón de cambios que presenten las variables que la integran.

La hipótesis que se plantea señala que: a una mayor interacción positiva entre eslabones consecutivos de la cadena puede llevar a aumentar el potencial total de la cadena por país de origen. Los eslabones más competitivos por país de origen y con un valor de aptitud más alto serán los que proporcionen la mayor ganancia para el país destino (en éste caso China).

El AG suele constar de cinco componentes (Gen y Cheng, 2000):

1. Una representación genética de las soluciones potenciales del problema.
2. Una forma de crear una población (un conjunto inicial de soluciones potenciales).
3. Una función de evaluación que mide la aptitud de las soluciones para ver si sobreviven.
4. Operadores genéticos que alteran la composición genética de la descendencia. Estos operadores incluyen la reproducción, el cruce y la mutación.
5. Valores de los parámetros que determinan el tamaño de la población (cuántos individuos debe haber en la población), una tasa de cruce (la probabilidad de que el individuo se cruce) y una tasa de mutación (la probabilidad de que un determinado gen mute).

En ésta metodología se consideraran todos los componentes que integran toda la cadena global de valor del litio, la adquisición de bienes (por ejemplo, materias primas, componentes y suministros) como lo son, el litio y derivados de litio (en todas sus formas), productos terminados individuales (todo tipo de baterías) y su lista de materiales, procesos y posiciones geográficas de los puntos de origen, puntos intermedios y puntos destino del litio, la previsión de la demanda china en un determinado horizonte de planificación, las rutas de transporte, las posibles alternativas de expansión internas/externas de las empresas chinas, múltiples usuarios y/o sectores finales, múltiples rutas de transporte (envío directo o indirecto desde las plantas a los usuarios finales) múltiples periodos de tiempo, y las cuestiones de gestión del litio en Latinoamérica (gobiernos, políticas, medio ambiente).

De acuerdo al estudio de Gen y Cheng (2000), el método AG se codifica para seguir la evolución de la función de aptitud y la tasa de convergencia en cada una de las variables, se evalúa cada variable (o componente) de la cadena mediante simulación y el valor de la función objetivo correspondiente de tal forma que se predice el mejor desempeño del total de la cadena.

En el caso del AG, el tamaño de la población se fija en razón de la previsión de la demanda china en un determinado horizonte de planificación y el crecimiento extractivo de su proveeduría latinoamericana. La tasa de cruce (CR) se determina en razón de la adquisición del litio y sus derivados, procesos y posiciones geográficas de los puntos de origen, puntos intermedios y puntos destino del litio y las rutas de transporte; mientras que la tasa de mutación (MR) se determina por los productos terminado individuales (todo tipo de baterías) y su lista de materiales, las posibles alternativas de expansión internas/externas de las empresas chinas, múltiples usuarios y/o sectores finales, múltiples periodos de tiempo, y las cuestiones de gestión del litio en Latinoamérica (gobiernos, políticas, medio ambiente).

Para el AG propuesto se fijan realizando un estudio con diferentes combinaciones de CR que van de 0.50 a 1.0 puntos y MR de 0.05 a 0.10 puntos con respecto a la integración y rendimiento de cada eslabón en toda la cadena. De acuerdo a Lin y Gen (2009) y Kasniya (2015), para identificar la mejor configuración de la cadena, se calcula el aumento relativo del rendimiento de cada eslabón, donde cada punto representa un aumento de integración de la cadena, a medida que los puntos aumentan/cambian, se reducen y se corrigen las brechas y fallas en la misma, otorgando la mejor cadena de valor pronosticada.

El país origen y las relaciones clave en la estabilidad de los eslabones mejoran la estabilidad de la cadena global de valor de litio el moldeo diseñado para el AG es un modelo de optimización (ecuación(1)) para -primero- resolver las fallas y para hacer que toda la cadena sea más robusta..

$$\text{Min} \left\{ \begin{array}{l} F1 = 1/f1(G1+) \\ F2 = f2(E1) \end{array} \right\} (1)$$

La optimización multiobjetivo incluye varios grupos de $(1/f_1(G+))$ soluciones factibles, es decir, varios esquemas de optimización, donde f_1 corresponde a cada una de las variables o eslabones.

Posterior se diseña un "modelo destructivo más fuerte", como se muestra e la ecuación 2., esto es para encontrar la relación que más contribuye a la estabilidad de toda la red y de cada eslabón en el intercambio y flujo real del litio en toda la cadena.

$$\text{Min} \left\{ \begin{array}{l} Y1 = \frac{1}{f1(G1-)} \\ Y2 = |E\#| \end{array} \right\} (2)$$

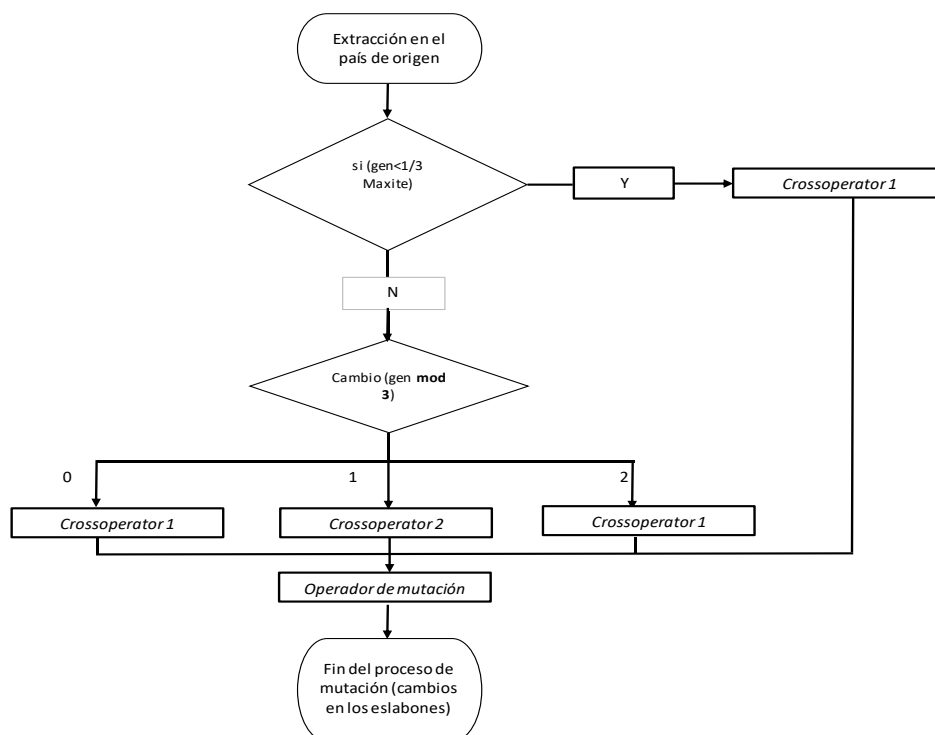
$$\text{s.t. } E\# \subset E$$

Dónde G^- es la cadena global de valor de litio después de eliminar fallas en los eslabones, y representa el conjunto perimetral que incluye los flujos óptimos entre eslabones que la integran.

Para mejorar la capacidad de búsqueda global y la precisión de optimización del algoritmo, se diseñan diferentes operadores cruzados de acuerdo con los diferentes eslabones de la cadena para medir su evolución. El diseño de operadores de cruce está inspirado en diferentes operadores de mutación en el algoritmo de evolución diferencial (DE) de Storn y Price (1997). Aquí se utilizan tres tipos de operadores de cruce. *Crossoperator 1* es un crossover clásico de un solo punto. Un punto único de cruce es una buena manera de aumentar la precisión (es decir los puntos receptores del litio en China) en la exploración global origen destino del litio. *Crossoperator 2* es un cruce híbrido que se utiliza para detectar las capacidades de mejora local (extracción, procesamiento y manejo del litio). *Crossoperator 3* es un cruce entre individuos regionales y los individuos óptimos finales, y el propósito es mejorar la precisión del algoritmo a través de identificar el o los eslabones regionales óptimos de la cadena.

Se muestra el diagrama de flujo del algoritmo de cruce y mutación.

Diagrama 2. Diagrama de flujo para ejecutar GA



Fuente: elaboración propia

Dónde:

	Parámetros	Valor
<i>MR</i>	Operador de mutación de los eslabones entre O y D	0.5-1.0
<i>pc</i>	Probabilidad de cruce de los eslabones entre O y D	0.01- 100
<i>pa</i>	La probabilidad de qué se agregue un eslabón a la cadena	0.03
<i>N</i>	Tamaño de la población	15.0
<i>Maxiter</i>	El número máximo de iteraciones	450

Los algoritmos para probar los datos de la cadena global de litio se miden a partir de 2015 a 2022, para tres países origen y un país destino, cinco eslabones, y cada conjunto de datos se ejecuta 403 veces de forma conjunta las siguientes variables basados en las ecuaciones 1 y 2 antes planteadas, las variables que integran cada iteración son:

- d*: demanda china en un determinado horizonte de planificación
- r*: reservas de litio por país
- dist*: distancia entre posiciones geográficas de los puntos de origen y destino
- pi*: puntos intermedios (en caso de qué se cuente con un país que sirva de enlace)
- pd*: número de puntos destino final del litio (fabricas por provincia en China)
- fs*: sectores finales de litio
- ne*: número de eslabones de la cadena global de litio

Generación del conjunto inicial de soluciones: el proceso de GA comienza con la generación de un conjunto inicial de soluciones aleatorias para el problema. Todo el conjunto de soluciones se discretiza y la variable se define con un conjunto binario discreto de cadenas ($a_{mi,1} \dots a_{mi,n}$). Cada cadena es una combinación de representación de cada eslabón. Sea S_n el conjunto de soluciones aleatorias del coeficiente de la cadena que tiene m columnas y n filas y se da en:

$$S_n = \begin{bmatrix} (a_{mi,1}) & \dots & a_{mi,n} \\ \dots & \vdots & \vdots \\ a_{mi,1} & \dots & a_{mi,n} \end{bmatrix}$$

Donde cada n th coeficiente del eslabón en la cadena tiene entre 0.01-1.0 bits, cada aumento o disminución en bits del coeficiente denota una mejora o una falla en la relación del eslabón entre el país origen y el destino, los valores binarios en la cadena se ve manipulado por los diferentes operadores genéticos (es decir las variables $d, r, dist, pi, pd, fs$ y ne).

Los resultados se muestran como sigue:

Tabla 2. Coeficiente de mutación y cruce para fallas y optimización de eslabones

Año	Relaciones de eslabones entre países										Países centrales	
	Eslabón 1		Eslabón 2		Eslabón 3		Eslabón 4		Eslabón 5		País exportador	País importador
	Materia prima		Compuesto procesado		Componentes		Baterías		Usuario/producto final			
CR	MR	CR	MR	CR	MR	CR	MR	CR	MR			
2015	0.394	0.031	0.392	0.039	0.292	0.045	0.224	0.028	0.232	0.019	Chile	China
2016	0.275	0.045	0.232	0.061	0.232	0.041	0.180	0.012	0.745	0.024		
2017	0.678	0.045	0.245	0.010	0.345	0.023	0.471	0.013	0.227	0.015		
2018	0.434	0.021	0.345	0.087	0.924	0.040	0.648	0.076	0.493	0.025		
2019	0.472	0.022	0.345	0.015	0.286	0.025	0.123	0.035	0.545	0.032		
2020	0.924	0.023	0.342	0.047	0.455	0.032	0.193	0.075	0.347	0.056		
2021	0.886	0.030	0.893	0.053	0.994	0.056	0.493	0.056	0.893	0.076		
2022	0.955	0.082	0.913	0.063	0.594	0.027	0.645	0.041	0.924	0.078		
2015	0.094	0.049	0.234	0.023	0.319	0.019	0.235	0.023	0.123	0.005	Bolivia	
2016	0.227	0.012	0.243	0.016	0.124	0.024	0.394	0.034	0.291	0.025		
2017	0.319	0.012	0.346	0.023	0.651	0.015	0.275	0.025	0.123	0.003		
2018	0.399	0.008	0.442	0.045	0.893	0.016	0.434	0.025	0.231	0.013		
2019	0.394	0.034	0.234	0.075	0.645	0.042	0.472	0.032	0.125	0.046		
2020	0.275	0.031	0.734	0.056	0.235	0.043	0.595	0.056	0.246	0.076		
2021	0.984	0.042	0.543	0.050	0.453	0.023	0.782	0.027	0.787	0.064		
2022	0.974	0.093	0.651	0.025	0.874	0.012	0.925	0.071	0.735	0.065		
2015	0.495	0.046	0.292	0.032	0.734	0.098	0.232	0.063	0.602	0.050	Argentina	
2016	0.278	0.063	0.392	0.023	0.123	0.071	0.356	0.076	0.901	0.045		
2017	0.388	0.090	0.113	0.053	0.233	0.063	0.453	0.063	0.823	0.023		
2018	0.325	0.053	0.125	0.063	0.244	0.076	0.874	0.032	0.737	0.086		
2019	0.014	0.053	0.232	0.087	0.235	0.063	0.244	0.050	0.173	0.081		
2020	0.839	0.057	0.356	0.093	0.732	0.073	0.384	0.063	0.591	0.065		
2021	0.868	0.063	0.968	0.083	0.534	0.065	0.488	0.073	0.671	0.076		
2022	0.891	0.078	0.912	0.072	0.612	0.032	0.787	0.065	0.774	0.098		

CR: tasa de cruce de 0.5 a 1.0

MR: tasa de mutación de 0.05 a 0.1

Fuente: elaboración propia

Aquellos coeficientes por debajo y arriba de los rangos señalados para CR y MR denotan fallas en la relación del país de origen y destino para eslabón de la cadena, es visible que Argentina ha tenido una mayor mejora en el lapso de años de estudio, con una fortaleza constante en cada eslabón; los eslabones 1, 3 y 4 presentan una mayor impacto en razón de la relación comercial con China para el aspecto de cruce, el cual señala el nivel de integración entre los eslabones, mientras que la mutación no señala cambios importantes respecto al nivel de adaptación o de movilidad respecto a los cambios en el país de destino.

Chile es el país que secunda la estabilidad entre los eslabones de inicio a fin de la cadena, la fortaleza se denotada en el cruce de los mismos, esto señala una integración moderada de principio a fin de la cadena de valor de 2020 a 2022 se observa una mayor intensidad en la mutación y en el cruce, siendo los eslabones 2, 4 y 5 los que revelan la intensidad de su relación con China respecto al litio.

El caso boliviano es el que presenta una menor inmersión tanto en el cruce como en la mutación, sin embargo es en el cruce el que presenta una mayor fortaleza, señalando así una

interacción entre los eslabones, el eslabón 2 (compuesto procesado) es el que -por su condición de país primarizado- es el de mayor fuerza en la cadena.

Este proceso de evaluación pretende comparar a los tres países respecto al total de eslabones de la cadena. La información acumulada en Argentina, Bolivia y Chile respecto a China explota el mecanismo de selección para cada operador genético, como cruce y mutación. Se observa que el mejor país de la cadena global de valor del litio con China es Argentina lo que puede hacer un acercamiento para ser copiado en las próximas generaciones (países que se integren a la cadena con China). La selección puede estar vinculada a operadores básicos de algoritmo. Un mecanismo de selección elaborado requiere la aplicación de una exploración más amplia. El proceso de selección dirige la búsqueda genética hacia regiones prometedoras en el total de la cadena y por eslabón.

Conclusiones

Debe enfatizarse que es importante tener un conjunto de parámetros GA robustos que funcionen bien para diferentes conjuntos de datos bajo diferentes características del problema. Porque, si bien un conjunto de parámetros puede dar buenos resultados para un conjunto de datos, puede fallar para otros. Los parámetros de GA también pueden representarse como variables de decisión difusas con funciones de pertenencia adecuadas.

Obtener resultados cada vez más precisos y dinámicos con respecto al rendimiento de los GA, el enfoque se ejecuta en cada una de las variables que dirigen el dinamismo de cada eslabón, además para mostrar la eficacia de los GA en la solución de problemas de la cadena global de valor de litio considera características tales como múltiples factores regionales y mundiales que afectan al país de origen y destino, múltiples modos de transporte, costo variable de apertura/transporte, valores de optimización basados en distancia, usuarios finales, gobiernos, etc. Un tema importante en la resolución de problemas de la cadena global de valor usando GA es tratar con parámetros probabilísticos. Se ha observado que la combinación de AG especialmente diseñados con simulación tiene bastante potencial para encontrar soluciones lo suficientemente buenas, determinar las debilidades y errores de mayor impacto porque la metodología de simulación abarca variables de decisión que están representadas por diferentes distribuciones de probabilidad.

La minería de litio necesita mucha reforma si se quiere que sea universalmente beneficiosa como práctica. Los principales actores de la minería del litio deben comprometerse con los principios de transparencia y cooperación con los gobiernos locales del Triángulo del Litio. Chile, Argentina y Bolivia podrían liderar esfuerzos en la investigación y organización de datos que arrojen luz sobre los impactos de la minería y la extracción. Ya se ha avanzado en ese frente, ya que en Chile, el Consejo Popular de Atacama ha establecido estaciones de monitoreo en una laguna en su salar para rastrear los cambios en los niveles del agua. Se

pueden y se deben hacer más avances en ese sentido para garantizar que la revolución verde no ponga en peligro a las personas y los entornos que promete proteger.

Para que el Triángulo del Litio respalde con éxito la transición energética global y los objetivos de desarrollo económico local, debe haber un rápido aumento de la producción de litio. Para que eso sea posible, se debe adoptar un enfoque de múltiples partes interesadas para garantizar que América Latina no repita sus errores del pasado en las industrias extractivas. Esto significa considerar los intereses indígenas en las áreas donde se extrae el litio y tener en cuenta las consideraciones ambientales, incluida la energía utilizada para la extracción y el procesamiento y, sobre todo, el uso del agua en las salinas, donde el litio se extrae de la salmuera. Existe la necesidad de la llamada licencia social, obtenida a través de consultas con las comunidades locales y mediante la transparencia con respecto a los impactos ambientales. El uso de tecnologías que reducen la huella ambiental también es fundamental.

También es necesario gestionar eficazmente el entorno normativo. La amenaza del nacionalismo de los recursos está siempre presente, como impuestos y regalías excesivamente altos que desalientan la inversión, o el control directo por parte de gobiernos que podrían no tener los medios para administrar la producción de manera profesional y prevenir la corrupción. Estos son peligros potenciales que podrían retrasar el desarrollo del recurso y retrasar la transición energética global. Si América Latina va a desempeñar este papel fundamental en la cadena global de valor de litio con China, y si este "oro blanco" va a servir como un motor económico regional, los gobiernos deben asegurarse de que la región no experimente otro auge de las materias primas. Si los gobiernos de los países sudamericanos no solo quieren vender litio, sino que prefieren producir baterías y vehículos eléctricos, la Iniciativa del Triángulo de Litio puede ayudar a explorar oportunidades posteriores sin desalentar la inversión en la producción de litio en sí.

El litio en general, específicamente en Argentina y Chile, es bastante favorable para la producción, por lo que ha habido mucho interés. En América Latina, los problemas más importantes son las cuestiones ambientales y sociales, y los desafíos de política. Como se mencionó anteriormente, existen dudas sobre si habrá nacionalismo de recursos, si las regalías y los impuestos aumentarán significativamente y si la ley puede brindar una protección adecuada para la inversión. Estas son las consideraciones que enfrentan los inversionistas extranjeros que quieren ingresar a la región. También existen desafíos financieros vinculados a estos riesgos; puede ser más difícil obtener financiamiento si opera en una región con grandes incertidumbres políticas. Esta no ha sido una barrera significativa en Argentina, que ha sido relativamente favorable a los inversores para la producción de litio. Gran parte de la autoridad sobre este recurso está en manos de las autoridades provinciales, no del gobierno nacional, y las provincias han sido muy pro-mercado y pro-inversión. Chile ha sido más centralizador en la forma en que ha manejado este sector. Considera al litio como un recurso estratégico. Al igual que tiene una empresa nacional de cobre que es el mayor

productor de cobre a nivel mundial, también existe la sensación de que el gobierno quiere tener una mano fuerte en el sector del litio. Esto siempre está en la mente de los grandes actores extranjeros que operan allí cómo lo es el caso de China.

Asia siempre ha sido el centro de gravedad en la fabricación de baterías de iones de litio, pero el centro de gravedad se deslizó gradualmente hacia China a principios de la década de 2000. Hoy en día, las empresas chinas ocupan posiciones clave en la cadena global de valor de litio, tanto en las etapas iniciales como en las posteriores, lo que representa aproximadamente el 80% de la fabricación de celdas de batería a partir de 2021. La difusión de productos electrónicos de consumo, como teléfonos celulares y computadoras portátiles, ha impulsado la adopción de baterías de iones de litio en la década de 2000 y actualmente se ha generado un cambio global hacia los vehículos eléctricos impulsando las ventas de las baterías de iones de litio. Por lo tanto, comprender a las empresas chinas de litio es crucial para comprender qué está impulsando el próximo aumento esperado en la adopción de vehículos eléctricos.

Cada vez más, los principales fabricantes de baterías chinos están configurando estratégicamente sus instalaciones de producción para estar más cerca de los mercados clave. Esto les permite ser más adaptables y receptivos a las necesidades de sus clientes y aprovechar directamente las políticas de incentivos locales o regionales para los participantes de la industria de vehículos eléctricos.

Si bien el sector de los vehículos eléctricos podría ser el principal objetivo de la inversión en este momento, China sigue siendo un actor clave en la producción de otros minerales, metales y tierras raras, que son clave para reducir la huella de carbono global. El papel de China en el suministro de tierras se ha establecido como "cuasi monopolístico".

Referencias

- American Enterprise Institute (2021). China Global Investment Tracker (CGIT), Full Set. Disponible en [<https://www.aei.org/china-global-investment-tracker/>]
- Arrighi, G. (2007). Adam Smith in Beijing: Linkeages of the Twenty-First Century. London: Verso.
- Blanco, E., & Razzaque, J. 2011. Globalisation and natural resources law: Challenges, key issues and perspectives. Edward Elgar Publishing
- Bonelli, C., Weinberg, M. (2022). El litio, un (des) estabilizador de transiciones bipolares. Dossier: Political Ecology and Enviromental Governance. Pág. 37-41. Disponible en [<https://forum.lasaweb.org/past-issues/vol53-issue1.php>]
- Brennan, H. y Guo, Y. (2018), China's lithium supply chain strategy. Solidify, diversify and control. Disponible en [<https://www.maplecroft.com/insights/analysis/chinas-lithium-supply-chain-strategy-solidify-diversify-and-control/>]
- British Petroleum (2021). bp Statistical Review of World Energy 2022 | 71st edition. Disponible en:[<https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2022-full-report.pdf>]
- Bruno, V. y Shin, H.S. (2015) Capital Flows and the Risk-Taking Channel of Monetary Policy. Journal of Monetary Economics, 71, 119-132. Disponible en [<http://dx.doi.org/10.1016/j.jmoneco.2014.11.011>]
- Calvo, G. Reinhart, L. (1993). Capital Inflows and Real Exchange Rate Appreciation in Latin america: The Role of External Factors. Disponible en [<https://ideas.repec.org/cgi-bin/htsearch?q=Capital+Inflows+and+Real+Exchange+Rate+Appreciation+in+Latin+America%3A+The+Role+of+External+Factors>]
- Cano-Kollmann , M.(2016) Knowledge connectivity: An agenda for innovation research in international business. Journal of International Business Studies. Disponible en [<https://link.springer.com/article/10.1057/jibs.2016.8>]
- Castillo, M., Martins, A. (2016).Premature deindustrialization in Latin America. Desarrollo Productivo 205, Naciones Unidas Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Disponible en [<https://repositorio.cepal.org/handle/11362/40241>]
- Centro de Estudios China-México (CECHIMEX, 2022). Estadísticas, Monitor OFDI Database 2022. Disponible en [https://www.redalch-china.org/monitor/index.php?option=com_content&view=article&id=437]
- Child, M., Koskinen, L., Christian, B., (2018). Sustainability Guardrails for Energy Scenarios of the Global Energy Transition. Renew. Sustain. Energy Rev. 91, 321–334. Disponible en [<https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.03.079>]
- De la Jara, A. (2018). Tianqi buys stake in lithium miner SQM from Nutrien for \$4.1 billion Disponible en [<https://www.reuters.com/article/us-chile-tianqi-lithium-idUSKBN1O217F>]

- Dussel (2022). Monitor of Chinese OFDI in Latin America and the Caribbean 2022. Disponible en: [https://www.redalchina.org/monitor/images/pdfs/menuprincipal/DusselPeters_MonitorOFDI_2020_Eng.pdf]
- Dussel, P. (2022). Capitalismo con características chinas 474. El trimestre Económico, vol. LXXXIX (2), núm. 354, abril-junio de 2022, pp. 467-48. DOIg: 10.20430/ete.v89i354.1500
- European Commission (2020). Critical Raw Materials for Strategic Technologies and Sectors in the EU - A Foresight Study. Disponible en [https://rmis.jrc.ec.europa.eu/?page=crms-in-strategic-sectors-and-technologies-e8c632]
- Farahani, Z., Marian, R., Luong, L. (2007). A review and critique on integrated production–distribution planning models and techniques. Journal of Manufacturing Systems, Volume 32, Issue 1. Pág. 1-19. Disponible en [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0278612512000568?casa_token=UWWGjP9PW1IAAAAA:25rdORu8lADczBvpKNsleCX_aGzg-WXz4Ee9cHHxoBuVVenvnp8nS5Zbsn8Nt0mpcfcUjxffy1sF]
- Fernandez-Stark, Karina & Gereffi, Gary. (2019). Global value chain analysis: a primer (second edition).
- Fortune (2022). Fortune 500. Disponible en [https://fortune.com/fortune500/2022/search/]
- Gen, M., y Cheng, R. (2000). Genetic algorithms and engineering optimization, John Wiley&Sons. Inc., USA. Disponible en [https://dl.acm.org/doi/10.5555/555045]
- Global Energy Institute (2020). Energy Security Index (2021). Disponible en [https://www.globalenergyinstitute.org/energy-security-risk-index]
- Gruber, P.W., Medina, P.A., Keoleian, G.A., Kesler, S.E., Everson, M.P. and Wallington, T.J. (2011), Global Lithium Availability. Journal of Industrial Ecology, 15: 760-775. Disponible en [https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2011.00359.x].
- Harvey, D. (2005). The New Imperialism. Oxford, UK: Oxford University Press, pág. 132
- Kasniya, B., (2015). Economic load dispatch using fuzzy logic controlled genetic algorithms. International Journal of Scientific & Engineering Research, 6(10), pp.141-149.
- Koleski, K., Blivas, A. (2018). China's Engagement with Latin America and the Caribbean. U.S.-China Economic and Security Review Commission staff research report. U.S.-China Economic and Security Review Commission. Pág. 1 56-73.
- Langhorne, R. (2005). The Diplomacy of Non-State Actors', Diplomacy and Statecraft. Vol. 16, p. 331. Disponible en [https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09592290590948388?journalCode=dps20]

- Min, H. (2010) Artificial intelligence in supply chain management: theory and applications, *International Journal of Logistics Research and Applications*, 13:1, 13-39, DOI: 10.1080/13675560902736537. Disponible en [https://www.tandfonline.com/action/showCitFormats?doi=10.1080%2F13675560902736537]
- Min, H. y Zhou J. (2002). Supply Chain Modeling: Past, Present and Future. *Computers & Industrial Engineering*. 43. 231-249. Disponible en [https://www.researchgate.net/publication/222698485_Supply_Chain_Modeling_Past_Present_and_Future/citation/download]
- Mudambi, R. (2008). Location, Control and Innovation in Knowledge-Intensive Industries. *Journal of Economic Geography*, 8, 699-725. Disponible en [https://doi.org/10.1093/jeg/lbn024]
- Parker, D. C., Manson, S. M., Janssen, M. A., Hoffmann, M. J. and Deadman, P. (2003). Multi-agent systems for the simulation of land-use and land-cover change: A review. *Ann. Assoc. Am. Geogr.*, 93 (2), 314-337.
- Santana, S. (2018). ¿Reprimarización en América Latina?: Efectos de la demanda china sobre el patrón exportador latinoamericano y las estructuras económicas internas (1995-2016). Disponible en [https://eprints.ucm.es/id/eprint/56160/1/2018-31-2%28149-174%29.pdf]
- Storn, R., Price, K. (1997) Differential Evolution – A Simple and Efficient Heuristic for global Optimization over Continuous Spaces. *Journal of Global Optimization* 11.D disponible en [https://doi.org/10.1023/A:1008202821328]
- Sztulwark, S.G., Miguez, P.F., & Juncal, S.E. (2011). Conocimiento y valorización en el capitalismo industrial. Disponible en [https://eprints.ucm.es/id/eprint/56160/1/2018-31-2%28149-174%29.pdf]
- United States Geological Survey (USGS, 2021). *Geological Survey, 2021, Mineral commodity summaries 2021: U.S. Geological Survey*, 200 p., disponible en [https://doi.org/10.3133/mcs2021.]
- Zenglein, M., y Holzmann A. (2019). Evolving Made in Made in 2025 China's industrial policy in the quest for global tech leadership. Disponible [https://merics.org/sites/default/files/202006/MPOC%20Made%20in%20China%202025.pdf]