



Entonces, Tú También Quieres Hacer Baterías?

Un marco de referencia para desarrollar una estrategia industrial de la cadena de suministros de Baterías de Iones de Litio

Serie de Comentarios de Payne Institute: Punto de Vista

Junio 2020

Alex Grant

Director, Jade Cove Partners, San Francisco, CA, EU

Emily Hersh

Managing Partner, DCDB Research, Buenos Aires, Argentina

Chris Berry

Presidente, House Mountain Partners, NY, EU

The Payne Institute for Public Policy



INSTITUTE OF
THE AMERICAS®



House Mountain Partners



Resumen Ejecutivo

En este ensayo, mapeamos la actual cadena de suministro global de baterías de ion litio. Analizamos varios estudios de casos de participación activa de la cadena de suministro en diferentes jurisdicciones para así comprender sus atributos y entender qué lo hace exitoso, qué lo hace fracasar y cuáles son las condiciones previas para participar en un paso de una cadena de suministro de baterías de ion litio. Con este análisis, proponemos un marco para el desarrollo de políticas industriales de baterías de ion litio. Hemos visto que las jurisdicciones, a pesar de sus buenas intenciones, fallan en la ejecución de las estrategias de la cadena de suministro, y esperamos que este marco ayude a evitar fallas similares en el futuro.

En la mayoría de los casos, la participación en la cadena de suministro de baterías de ion litio y sus múltiples niveles de beneficios se hace efectiva en jurisdicciones que tienen mercados considerables de vehículos eléctricos. En todos los casos, recomendamos encarecidamente a los encargados de formular políticas, que incentiven la adopción de vehículos eléctricos dentro de sus fronteras mediante reembolsos de impuestos u otros mecanismos. La participación en la primera etapa del crecimiento de la industria ayudará a acelerar la transición del mundo a las energías renovables y crear valor para las generaciones futuras.

Dada la fuerte dinámica de crecimiento de los vehículos eléctricos (VE) y las baterías de ion litio (BIL) que los alimentan, los responsables de formular políticas mundiales en jurisdicciones con recursos naturales de litio se centran cada vez más en cómo pueden aprovechar sus activos para participar en la industria de las baterías. Estos responsables desean capturar el valor del auge de la demanda de litio y otras sustancias químicas que se espera que ocurra a fines de 2020 para lograr objetivos estratégicos en sus jurisdicciones.

Hemos observado o participado en conversaciones en los seis continentes que son variaciones de la misma pregunta: "Tenemos un depósito de litio, ¿debemos fabricar baterías?". La estrategia industrial de la cadena de suministro de BIL es un tema candente a raíz de la pandemia del Covid-19, ya que creemos que las dinámicas económicas y políticas están convergiendo para realinear las cadenas de suministro. Los gobiernos de todo el mundo están anunciando programas de estímulo "verde", con la esperanza de utilizar la transición energética para reactivar el crecimiento económico.

Asimismo, existe una preocupación geopolítica sobre la concentración de la actividad industrial que respalda la cadena de suministro de BIL en China. Sin embargo, para muchos no está claro qué políticas se deben promulgar, qué tecnologías se deben usar y dónde se debe asignar el capital para contrarrestar esta concentración de la cadena de suministro. En este ensayo, examinamos qué lecciones de los éxitos comerciales de la actual cadena de suministro global de BIL podrían ser utilizadas por los formuladores de políticas y las partes interesadas de la cadena de suministro. Creemos que las estrategias industriales que buscan aprender de la estructura de la cadena de suministro LIB existente cuentan con más probabilidades de tener éxito.

En este ensayo, mapeamos la cadena de suministro global actual de BIL, clasificando un conjunto de jurisdicciones que tienen una participación activa o aspiración significativa en distintos pasos. Utilizando un análisis de alto nivel de los éxitos y fracasos de las jurisdicciones activas y aspirantes, proponemos un marco para desarrollar la estrategia industrial de la cadena de suministro de BIL para guiar las decisiones de política e inversión.

La actual cadena de suministro global de Baterías de Iones de Litio

El desarrollo de una etapa económicamente sostenible en una cadena de suministro de BIL requiere que los formuladores de políticas desarrollen estrategias con una necesidad mínima y decreciente de subsidios o inversión gubernamental directa a lo largo del tiempo. Independientemente de la política, los nuevos participantes en una cadena de suministro tendrán que cumplir en cierta medida con las mismas reglas que la actual cadena de suministro global de BIL. Por ejemplo, si un país no tiene recursos naturales, lo más avanzado que pueden desarrollar son las materias primas importadas. Y si un país no tiene demanda doméstica de vehículos eléctricos, no se recomienda fabricar vehículos eléctricos en el país, ya que no habrá nadie para comprarlos a menos que una jurisdicción asociada tenga una gran demanda de vehículos eléctricos.

Los actores individuales dentro de la actual cadena de suministro de BIL son rentables de acuerdo con las oscilaciones del mercado, aunque muchos elementos son iniciados o respaldados por los gobiernos. Su actividad es factible dentro de ciertas limitaciones, las cuales consideramos como reglas que se siguen implícitamente si la actividad es económicamente sostenible. La cadena de suministro de BIL, tal como existe hoy, ha sido moldeada por una variedad de marcos técnicos, económicos y políticos subyacentes. Los encargados de formular políticas y los actores industriales deberían tratar de comprender estos marcos para desarrollar estrategias industriales de la cadena de suministro de BIL. El objetivo es facilitar una actividad económicamente sostenible dentro de una jurisdicción. Estos marcos pueden ser "obvios" o de "sentido común" para los expertos de la industria, pero para muchos tomadores de decisiones con menos experiencia en la materia, puede que no sea tan claro.

Para mapear la actual cadena de suministro global de BIL en términos simples, delimitamos seis pasos. Esta es la historia del viaje de un átomo de litio desde el recurso natural al vehículo eléctrico, aunque también se requieren otras actividades e insumos (por ejemplo, otros materiales para fabricar baterías).

1. **Litio desde el depósito, al concentrado**, que incluye la extracción de recursos naturales y la concentración de ~ 6% solución, ~ 6% de concentrado de óxido de litio espodumeno (SC6) u otro material de alto grado de litio que no sea adecuado como precursor químico de batería. Otros ejemplos incluyen carbonato de litio de grado industrial, el cual se puede convertir en productos químicos de litio con calidad de batería.
2. **Litio desde el concentrado a químicos para baterías químicas**, que incluye la conversión de un concentrado a productos químicos de litio de calidad para batería que se utilizan para fabricar polvos de cátodo. En una instalación integrada, los pasos uno y dos son realizados por la misma compañía y/o realizados de forma cercana.
3. **La fabricación de cátodos** es el procesamiento de precursores químicos para hacer un polvo que puede usarse en el cátodo de una batería BIL (por ejemplo, NCM, NCA, LFP, etc.). Los polvos catódicos son materiales de alta ingeniería diseñados específicamente para diferentes tipos de BIL.
4. **La fabricación de celdas de batería** es la combinación de polvos catódicos, polvos anódicos, electrolitos y otros componentes para fabricar una celda (cilíndrica u otros formatos).
5. **La fabricación de baterías y VE** es el ensamblaje de celdas de iones de litio en una matriz (llamada módulo, y los módulos múltiples comprenden un paquete) y la combinación del paquete con el resto del vehículo. La fabricación de VE es diferente de la fabricación de vehículos con motor de combustión interna, pero comparte algunos requisitos comunes de infraestructura y habilidades.
6. Existe un **mercado de vehículos eléctricos** cuando los consumidores compran una masa crítica de VE con baterías nuevas. Los gobiernos a menudo apoyan la transición a los vehículos eléctricos mediante incentivos fiscales y políticas estándar de emisión basadas en multas.



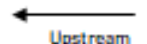
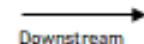
Mapeamos la actual cadena de suministro global de BIL como una cuadrícula. En las filas, seleccionamos un conjunto de jurisdicciones que son representativas de la mayor parte de la actividad comercial mundial en el espacio. En las columnas, mostramos los seis pasos en una cadena de suministro de BI

Mapa simplificado de participación significativa en la actual cadena mundial de suministro de baterías de iones de litio: junio de 2020

Jurisdicción	1. Litio de depósito a concentrado	2. Litio de procesado a batería química	3. Fabricación de cátodos	4. Fabricación de celdas de batería	5. Fabricación de baterías y VE	6. Mercado de VE
California	Aspirante	Aspirante	Aspirante	Aspirante	Activo	Activo
Nevada	Activo	Aspirante	Aspirante	Activo	Activo	Activo
Carolina del Norte	Aspirante	Activo	Activo	Activo	Activo	Activo
Alberta	Aspirante	Aspirante	Aspirante	Aspirante	Activo	Activo
Quebec	Aspirante	Aspirante	Activo	Aspirante	Activo	Activo

Chile	Activo	Activo	Aspirante	Activo	Activo	Aspirante
Argentina	Activo	Activo	Aspirante	Activo	Activo	Aspirante
Bolivia	Aspirante	Aspirante	Aspirante	Aspirante	Aspirante	Aspirante
Australia	Activo	Aspirante	Aspirante	Activo	Activo	Activo
China	Activo	Activo	Activo	Activo	Activo	Activo
Japón	Activo	Aspirante	Activo	Activo	Activo	Activo
Corea del Sur	Activo	Aspirante	Activo	Activo	Activo	Activo
Alemania	Aspirante	Aspirante	Activo	Aspirante	Activo	Activo
Reino Unido	Aspirante	Aspirante	Aspirante	Aspirante	Activo	Activo
Francia	Aspirante	Aspirante	Aspirante	Aspirante	Aspirante	Activo
España	Aspirante	Aspirante	Aspirante	Aspirante	Aspirante	Activo
Polonia	Activo	Activo	Aspirante	Activo	Activo	Activo
Suecia	Activo	Activo	Aspirante	Aspirante	Activo	Activo

 Activo
  Aspirante¹

 Upstream
  Downstream

(1) Existen esfuerzos comerciales o políticos para desarrollar la actividad dentro de la jurisdicción (algunos más realistas que otros)

Nota: este mapa no pretende ser exhaustivo

Las condiciones previas para la participación en la cadena de suministro

La mayoría de las jurisdicciones que albergan un depósito de litio y creen que esto puede llevarlos a actividades posteriores como la fabricación de baterías o vehículos eléctricos, deberían pensarlo dos veces. Los requisitos para la fabricación de productos posteriores van mucho más allá de la disponibilidad de recursos naturales de litio. Cada paso en una cadena de suministro de BIL tiene condiciones previas básicas que una jurisdicción debe cumplir antes de contemplar subsidios o apoyo de políticas para atraer a las empresas a construir. Una historia previa en actividades relacionadas que desarrollen las habilidades necesarias en una etapa de una cadena de suministro de BIL es la condición previa más importante para permitir la participación en la industria. El capital intelectual y la experiencia son cruciales para el éxito.

Condiciones previas para la participación en diferentes pasos de una cadena de suministro de baterías de iones de litio

1. Litio de depósito a concentrado	Gran recurso (por ejemplo, 5Mt Li ₂ CO ₃), capacidad de extraer económicamente, desarrollo de recursos históricos, licencia social para operar
2. Litio de procesado a batería química	Historia industrial del procesamiento químico, capacidad de refinar económicamente, ingenieros químicos
3. Fabricación de cátodos	Historia industrial del procesamiento de polvos, suministro de Ni, Co, Mn, Al y/u otros metales, ingenieros de materiales
4. Fabricación de celdas de batería	Historia industrial de tecnología avanzada, fabricación de VE o asociación con jurisdicción de fabricación de VE
5. Fabricación de baterías y VE	Historia industrial de tecnología avanzada, fabricación histórica de vehículos ICE, mercado de vehículos eléctricos
6. Mercado de VE	Red eléctrica confiable, estaciones de carga, disponibilidad de vehículos eléctricos, incentivos para la propiedad de vehículos eléctricos.

Si bien todas estas condiciones previas pueden variar en importancia, su presencia aumenta la probabilidad de éxito de una etapa en una cadena de suministro en esa jurisdicción. Por ejemplo, es poco probable que se desarrolle un pequeño recurso de litio en un país pequeño sin antecedentes de desarrollo de recursos minerales. Es más probable que una jurisdicción con una industria madura que fabrica otro tipo de polvo altamente diseñado pueda ser exitosa en la fabricación de materiales catódicos, especialmente si otras empresas dentro de la misma jurisdicción -o en jurisdicciones asociadas- lo comprarán. Del mismo modo, las jurisdicciones que fabrican vehículos con motor de combustión interna ya poseen muchos de los atributos requeridos para fabricar VE. La participación activa en una cadena de suministro de BIL proporciona beneficios más allá de la actividad económica primaria. La experiencia en la producción química de litio y la venta de estos productos a los fabricantes de cátodos les da a los productores una idea del futuro de la fabricación de los mismos y a su vez construye redes. Formar parte en una cadena de suministro también crea condiciones para participar en otros pasos de una cadena de suministro.

Beneficios de la participación activa en una cadena de suministro de baterías de iones de litio

Primaria	Creación de empleo, recaudación de impuestos y regalías, economía doméstica vibrante
Secundaria	Propiedad intelectual nacional, experiencia técnica, redes profesionales.
Terciaria	Intercambio cultural, influencia geopolítica, orgullo nacional, conocimiento de otros campos técnicos.

Preguntas de política para la estrategia industrial de BIL: pasado y presente

La pregunta "Tenemos un depósito de litio, ¿debemos fabricar baterías?" Es solo un interrogante sobre la estrategia industrial planteada por diferentes provincias, estados y países. Otras preguntas incluyen:

Tenemos un depósito de litio, ¿deberíamos fabricar materiales catódicos para capturar más valor upstream, y así crear más empleos y recaudar más impuestos?

Chile El gobierno solicitó a los fabricantes de cátodos de Asia y Europa que establecieran una capacidad de fabricación en Chile para acceder a productos químicos de litio a precios preferenciales proporcionados por los operadores de Atacama. Esta iniciativa fracasó debido en parte a que el producto químico deseado por los fabricantes de cátodos (hidróxido de litio) no se fabrica en Chile a una escala lo suficientemente grande. [1] También habría requerido que los fabricantes de cátodos se ubicaran lejos de sus propios clientes.

Australia La iniciativa "Lithium Valley" de Australia Occidental busca integrar verticalmente la minería de espodumeno, la fabricación de hidróxido de litio y de cátodos, todo dentro de las fronteras del estado australiano. Este concepto tiene tracción comercial para la fabricación doméstica de hidróxido de litio, pero carece de lo mismo para la de cátodos. [2]

California Una agencia de desarrollo económico del Valle de Imperial encargó un informe para examinar el atractivo de la ubicación conjunta de la fabricación de baterías con el recurso de litio geotérmico Salton Sea. No conocemos ninguna tracción comercial para el concepto, aunque varios desarrolladores están avanzando en la producción química de litio a partir del recurso. [3] La región tiene una experiencia significativa con la química de salmuera geotérmica.

Fabricamos o utilizamos materiales catódicos, ¿debemos entonces generar productos químicos de litio para reducir nuestros costos de materia prima?

Quebec Johnson Matthey, un fabricante de material catódico en Quebec, invirtió en el proyecto de producción de químicos de litio y espodumeno de Nemaska Lithium en el norte de Quebec. Planeaba tomar parte de su producto químico de litio para la fabricación de cátodos antes de que Nemaska entrara en bancarrota. [4]

Corea del Sur POSCO compró una propiedad de salmuera de litio en Argentina, donde planean usar una tecnología única de extracción de ese mineral para producir un concentrado de fosfato de litio a fin de procesar en hidróxido de litio. Ahora también planean construir un convertidor de concentrado de espodumeno en Corea del Sur y presumiblemente planean comprar SC6 de Australia. [5] POSCO tiene una vasta experiencia en el procesamiento de diferentes metales.

Japón Toyota Tsusho invirtió en el proyecto de salmuera Olaroz de Orocobre en Argentina, y ahora está construyendo una planta de hidróxido de litio en Japón. Utilizarán carbonato de litio del proyecto Olaroz como precursor para fabricar productos químicos para baterías. [6] Japón ha procesado metales y polvos durante siglos antes de que existiera la cadena de suministro de baterías de iones de litio.

¿Cómo ingresamos a una cadena de suministro de BIL?

Alberta La inversión de Livent en la tecnología y el proyecto de salmuera de campos petroleros de E3 Metals ha despertado la imaginación de la provincia canadiense sobre su papel en la cadena de suministro de BIL. La economía actual de Alberta depende de su industria petrolera, que no tiene un futuro brillante, y está buscando oportunidades para construir su economía futura. Hay mucha experiencia en la provincia con el movimiento de grandes cantidades de fluidos. [8]

Suecia Northvolt está construyendo instalaciones para fabricar materiales catódicos y células de iones de litio para fabricantes europeos de vehículos eléctricos. También planean reciclar baterías. [10] Suecia tiene una historia de procesamiento de metales afiliada a mercados posteriores en Alemania y Polonia.

Australia Wesfarmers, un conglomerado industrial, compró una participación en un proyecto de espodumeno a hidróxido de litio en Australia Occidental. Han pospuesto su proyecto ya que los precios de los productos químicos de litio han caído recientemente. [11]

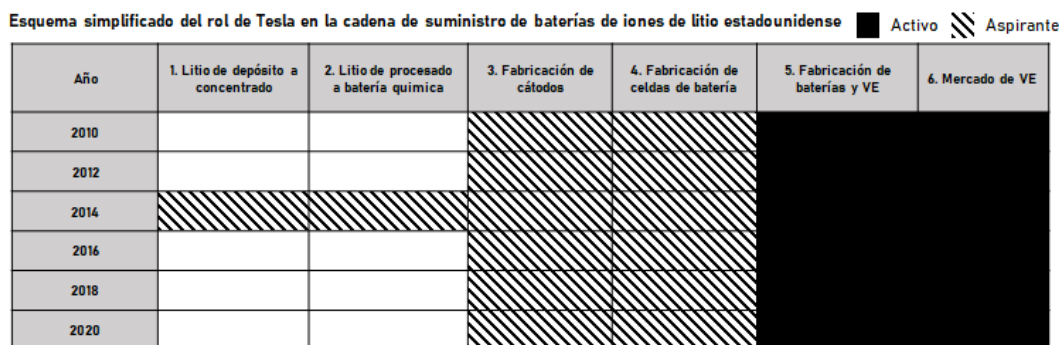
Algunas de estas iniciativas darán como resultado una actividad de cadena de suministro de BIL económicamente sostenible, lo que potencialmente permitirá el crecimiento en otros pasos del mismo. Otras fallarán. Un marco para el desarrollo de la cadena de suministro de LIB puede ayudar a predecir qué iniciativas tendrán éxito. A continuación, compartimos cuatro casos de estudio del desarrollo de la cadena de suministro de LIB (dos activos, dos aspirantes) que ofrecen un marco.

Caso activo #1: el papel de Tesla en la cadena de suministro de baterías de iones de litio estadounidense

Tesla es una empresa de fabricación de vehículos eléctricos de California que inicialmente fue respaldada por la demanda de transporte limpio en ese estado. En 2009, Tesla firmó un contrato con Panasonic, una compañía japonesa, para suministrar células de ion litio para sus vehículos. [10] Sin embargo, Tesla aún controla la adquisición de materias primas que ingresan al cátodo en esas celdas. Los productos químicos de litio utilizados para fabricar los materiales de cátodo de Tesla, se procesan principalmente en China y Carolina del Norte. Esos productos químicos se fabrican utilizando como materia prima SC6 australiano y carbonato de litio de salmueras chilenas y argentinas. El material del cátodo utilizado en dichas celdas de ion litio se fabrica en Japón. Tesla ensambla las celdas en

paquetes de baterías en Nevada y California, donde son diseñadas y optimizadas especialmente para los vehículos de Tesla.

Elon Musk ha dicho durante años que planea integrar verticalmente la cadena de suministro de Tesla. En 2014, hizo una oferta para comprar una empresa de tecnología de extracción de litio para que Tesla pudiera obtener productos químicos de litio del recurso de salmuera de litio geotérmica Salton Sea de California, pero el acuerdo nunca se realizó. [11] Desde entonces, muchos han especulado que los recursos de litio en California y Nevada serían objetivos de adquisición atractivos para Tesla. Ser propietario de una planta de fabricación de recursos y productos químicos brindaría la oportunidad de controlar mejor su cadena de suministro, reduciendo los costos de las materias primas, lo cual aún no ha sucedido. En cambio, Tesla actualmente está ampliando sus propias capacidades de fabricación de cátodos y células en los Estados Unidos. Esto podría resultar en el final de su colaboración con Panasonic (paso tres en su cadena de suministro), lo que llevaría a una fabricación de baterías totalmente interna. [11] A continuación se muestra un esquema simplificado de la evolución de la cadena de suministro de Tesla a lo largo del tiempo. Este esquema se basa en información pública y podría ser diferente en la realidad.



La cadena de suministro de Tesla se basó originalmente en el mercado de vehículos eléctricos de California, y pueden estar avanzando hacia arriba uno o dos niveles a la vez. Se necesitaron alrededor de 15 años para desarrollar y dominar los niveles hacia abajo, durante los cuales los niveles intermedios se desarrollaron con Panasonic, y los posteriores más avanzados fueron desarrollados por compañías químicas de litio. Si bien Tesla puede comprar materias primas de litio desde múltiples productores químicos, necesita producir un material catódico diseñado específicamente para sus propias baterías. Por lo tanto, tiene sentido fabricar su propio cátodo antes de que tenga sentido fabricar sus propios productos químicos de litio. La fabricación de cátodos es más exclusiva para su batería que los químicos de litio que utilizan para fabricar el cátodo. Además, la producción de productos químicos de litio a partir de un recurso natural es un conjunto de habilidades diferente que llevaría tiempo desarrollar. Puede que todavía no haya una buena razón estratégica para hacerlo, especialmente si los precios de esos productos químicos son bajos y la competencia entre los productores es fuerte.

Caso activo #2: el papel de Ganfeng en la cadena de suministro de baterías de iones de litio en China

Ganfeng Lithium es uno de los mayores productores de productos químicos de litio en el mundo. La compañía ha dominado la producción química de litio a partir de SC6 y otros concentrados, y está utilizando las habilidades desarrolladas en la producción química para crear valor en otros pasos de la cadena de suministro de BIL, incluida la fabricación y

el reciclaje de baterías. Ganfeng es ahora también un importante exportador de productos químicos de litio fuera de China. Esta organización no comenzó su negocio en ninguno de los extremos de la cadena de suministro, por poseer un recurso natural de litio o al fabricar vehículos eléctricos. Ganfeng buscó alianzas estratégicas con productores de espodumeno para convertir sus concentrados o actualizar productos químicos dentro de China, donde la fabricación de cátodos, células y EV explotó en la década de 2010.

Ganfeng ha podido "comenzar en el medio" de la cadena de suministro china, enfocándose en la refinación de litio y optando por acuerdos de extracción con productores mineros. El mercado chino de vehículos eléctricos respalda esta cadena de suministro de forma similar a como el mercado de vehículos eléctricos de California sostuvo el inicio de Tesla. El gobierno chino incentivó la compra de vehículos eléctricos y el desarrollo de una cadena de suministro de BIL, lo que permitió a Ganfeng convertirse en un líder mundial. Ahora que han dominado la conversión de concentrados a productos químicos de batería, se han movido estratégicamente para expandirse hacia el downstream sobre materiales de fabricación como precursores de cátodos, así como hacia el upstream a través de inversiones estratégicas en roca dura, arcilla sedimentaria y recursos de salmuera.

Ganfeng es ahora copropietario en múltiples proyectos de recursos naturales en todo el mundo. Curiosamente, han invertido en todo tipo de recursos naturales, incluidos los de espodumeno de Australia/Canadá, arcilla sedimentaria mexicana y salmuera argentina. Su estrategia de recursos múltiples le permitirá a Ganfeng aprender más sobre la química del proceso de litio que cualquier otro competidor, ya que se enfrentarán a una variedad más amplia de desafíos a superar. La diversidad de experiencia será una herramienta importante para Ganfeng a medida que se expande hacia el downstream. A continuación se muestra un mapa simplificado de su papel en la cadena de suministro de China de BIL basado en información pública. Podría variar ligeramente con la realidad. Se debe considerar que en este mapa simplificado, la fabricación de cátodos abarca también la fabricación de precursores.

Esquema simplificado del papel de Ganfeng en la cadena de suministro de baterías de iones de litio en China

Año	Estado de actividad					
	1. Litio de depósito a concentrado	2. Litio de procesado a batería química	3. Fabricación de cátodos	4. Fabricación de celdas de batería	5. Fabricación de baterías y VE	6. Mercado de VE
2010		Aspirante				Activo
2012		Aspirante				Activo
2014		Activo	Aspirante			Activo
2016	Aspirante	Activo	Aspirante			Activo
2018	Aspirante	Activo	Activo	Aspirante		Activo
2020	Aspirante	Activo	Activo	Aspirante		Activo

Caso aspirante # 1: la cadena de suministro de BIL de Bolivia

Bolivia tiene uno de los mayores recursos de litio en el planeta, pero casi no produce químicos de litio. La compañía nacional de desarrollo (YLB) supervisa la extracción de litio de salmueras complejas debajo de las salinas a aproximadamente 4.000 metros de altura sobre el nivel del mar, convirtiéndolas en productos químicos finos, fabricando materiales de cátodo y celdas de ion litio. Cada uno de estos flujos de trabajo es diferente, por lo que es poco probable que una compañía pueda hacerlos todos. Las empresas de todo el mundo están gastando millones de dólares en investigación y desarrollo sobre niveles individuales en las cadenas de suministro, mientras que YLB no cuenta con la financiación ni la experiencia suficientes para realizar cualquiera de éstas de manera efectiva. [13]

Se requieren diferentes habilidades, infraestructura, conocimiento y otras cadenas de suministro (por ejemplo, otros componentes del cátodo) para realizar estas diferentes tareas. YLB se ha extendido demasiado tiene el desafío de desarrollar demasiados proyectos complejos simultáneamente y, en consecuencia, no ha progresado demasiado en la última década. Aunque se han firmado muchos acuerdos públicos con empresas de todo el mundo para desarrollar sus recursos de salmuera, no han tenido éxito. [14] Si Bolivia quiere contribuir a una cadena de suministro de BIL en el futuro, sería prudente estudiar las historias de desarrollo de la cadena de suministro de Tesla y Ganfeng. Cabe destacar que estos casos de éxito realizan uno o dos pasos a la vez, en lugar de intentar desarrollar una cadena de suministro completa a partir de un recurso natural. Dado que Bolivia aún no tiene un gran mercado de vehículos eléctricos, pero sí un gran recurso de litio, el país debería comenzar a desarrollar la capacidad de producir un concentrado a partir del depósito de litio. Luego podría pasar a producir productos químicos para baterías en Bolivia y exportarlos a otras naciones donde se fabriquen materiales catódicos.

Esquema simplificado de la cadena boliviana de suministro de baterías de iones de litio

■ Activo ▨ Aspirante

Año	1. Litio de depósito a concentrado	2. Litio de procesado a batería química	3. Fabricación de cátodos	4. Fabricación de celdas de batería	5. Fabricación de baterías y VE	6. Mercado de VE
2010	▨					
2012	▨					
2014	▨					
2016	▨					
2018	▨					
2020	▨					

Creemos que construir una gran y exitosa operación de extracción y procesamiento de litio es una hazaña impresionante en sí misma, y podría tener múltiples órdenes de beneficios que respaldarían una futura innovación nacional en el reciclaje de baterías y otras industrias. Esto tendría un impacto duradero en la economía de Bolivia por generaciones. La producción de materias primas y productos químicos de alto valor respalda la descarbonización del sistema energético mundial, incluso si las baterías o los vehículos eléctricos no se producen inicialmente en el país. Argentina siguió un camino diferente al de Bolivia que fue mucho más fructífero en la última década. En 2010, solo había una instalación de extracción de litio en Argentina. Ahora hay dos principales en funcionamiento y al menos cuatro o cinco nuevas en desarrollo. Aunque hay algunas conversaciones muy limitadas sobre la fabricación de cátodos y vehículos eléctricos en Argentina, casi todo el esfuerzo se centra en el desarrollo de recursos y la venta de productos de carbonato de litio e hidróxido de litio, tanto como productos intermedios como terminados. Dejando a un lado la política, nos preguntamos si Bolivia podría haber hecho lo mismo si YLB estuviera más enfocado en ese objetivo.

Caso aspirante #2: La Cadena de Suministro Europea de Baterías de Iones de Litio

Toda Europa no es una jurisdicción “aspirante”, pero en su mayor parte, la cadena de suministro de LIB europea que existirá en 2030, no existe en 2020. En este contexto, Europa sirve como una jurisdicción aspirante con el propósito de hacer comparaciones con otras vías de desarrollo. Diferentes jurisdicciones en Europa participan en diferentes pasos de la actual cadena de suministro global de LIB, excepto el desarrollo de recursos de litio, pero esta participación es a una escala relativamente pequeña en comparación con Tesla o las empresas chinas. Diferentes brazos de la Unión Europea están ahora trabajando deliberadamente sobre cómo construir una cadena de suministro LIB ambientalmente sostenible en Europa. La estrategia implica la coordinación de la formulación de políticas industriales y el apoyo financiero en todo el continente para apoyar el desarrollo de la cadena de suministro de LIB.

No todas las jurisdicciones "aspirantes" están haciendo el mismo progreso en la participación de la cadena de suministro de BIL. A diferencia de Bolivia, Polonia y Suecia están a punto de hacer importantes contribuciones a la cadena de suministro europea de BIL como centros de fabricación de cátodos y celdas. Al igual que China en la década pasada, el mercado de vehículos eléctricos en Europa está creciendo a un ritmo rápido debido a los requisitos de reducción de emisiones, y está desarrollando su propio ecosistema de participantes localizados. En ambos casos, un mercado de vehículos eléctricos grande (o potencialmente mucho más grande) sustenta la actividad de la cadena de suministro de BIL. Estas similitudes sugieren que la cadena de suministro de Europa puede evolucionar de manera similar a la de China. Por ejemplo, la actividad en Europa ha comenzado principalmente a nivel downstream, con la fabricación de vehículos como respuesta a su nuevo mercado de vehículos eléctricos, y los recursos nacionales aún no se han desarrollado por completo. En China, los fabricantes de cátodos importaron productos químicos o concentrados de litio durante la primera década de su rápido desarrollo. Pero a medida que su cadena de suministro de BIL se ha vuelto más madura, también ha aumentado la producción china de productos químicos de litio a partir de recursos domésticos de salmuera no convencionales en Qinghai. En 2019, esto representaba alrededor del 10% de la oferta global. Europa está contemplando ahora su propia estrategia nacional de desarrollo de recursos naturales con un enfoque claro en bajas emisiones de CO2 y mitigación del impacto del agua. Resta esperar que Europa también produzca litio doméstico para 2030.

Las diferentes jurisdicciones unidas por la Unión Europea y el mercado común pueden desempeñar papeles distintivos en la cadena de suministro continental. Por ejemplo, Alemania, Francia, España y el Reino Unido pueden seguir siendo centros de fabricación de automóviles, mientras que la actividad en Suecia y Polonia podría complementarlos en la cadena de suministro ascendente. En otro ejemplo, Northvolt planea producir celdas de iones de litio en Suecia y varias compañías planean construir instalaciones de fabricación de cátodos en Polonia y Hungría. Cada uno de estos países tiene diferentes historias y habilidades, y juntos probablemente tengan todo lo que Europa necesita para construir una cadena de suministro nacional completa para satisfacer el mercado europeo de vehículos eléctricos. Es importante tener en cuenta que ninguna compañía en Europa está intentando ni producir litio a partir de un recurso natural ni fabricar baterías de la misma manera que YLB se encarga de desarrollar todos los pasos de un ecosistema de BIL boliviano simultáneamente. Creemos que el enfoque europeo, donde diferentes empresas con diferentes habilidades e historias se especializan en diferentes actividades, es más probable que tenga éxito. El desarrollo de una cadena de suministro de BIL europea del mismo tamaño que la de China aún no se ha producido, por lo que no lo mapearemos ahora.

Reuniéndolo: resiliencia, localización e integración vertical

Es importante distinguir entre tres términos clave relacionados con las cadenas de suministro. Una cadena de suministro localizada no es necesariamente resistente, y una cadena de suministro resistente puede no estar localizada. Tampoco tiene que estar necesariamente integrada de forma vertical por una empresa o incluso en una jurisdicción. La resiliencia va de la mano con la seguridad del suministro, y es un objetivo compartido tanto por los gobiernos como por las empresas involucradas en cadenas estratégicas de suministro de material.

Definiciones de terminología de la cadena de suministro

Resiliencia	Capacidad para evitar el decrecimiento ante las perturbaciones y para recuperarse rápidamente de los choques exógenos.
Localización	Cuando las operaciones se ubican en la misma jurisdicción o se distribuyen entre jurisdicciones físicamente proximales
Integración vertical	Participación en múltiples pasos en una cadena de suministro para generar más ganancias y/o fomentar la resiliencia de la cadena de suministro.

En general, la resiliencia y la localización implican mayores costos o menores márgenes de beneficio, si es que hay más.

La fabricación se realiza en jurisdicciones donde es más costoso operar, o los operadores cuentan con menos experiencia. La integración vertical también puede fomentar la resiliencia, si una empresa controla múltiples pasos en su propia cadena de suministro y puede tolerar la falta o el exceso de inventario. Sin embargo, normalmente el objetivo de la integración vertical es minimizar los costos a largo plazo u obtener un control adicional.

La localización y la integración vertical pueden promover la resiliencia en una cadena de suministro, pero también pueden ayudar a lograr otros objetivos. La experiencia de los Estados Unidos con tierras raras proporciona un ejemplo bien conocido que ilustra estos conceptos. Estados Unidos extrae concentrados de tierras raras en California, que se procesan en China y luego se vuelven a comprar en sus formas purificadas. Una disputa con China podría interrumpir el suministro de las formas purificadas y, por lo tanto, esta cadena de suministro no es resistente. Vimos esto en la primera parte de la última década, y se ha hecho poco para rectificarlo, aparte de la nueva producción de concentrados de tierras raras en Australia. Si los Estados Unidos pudieran comprar metales de tierras raras extraídos y procesados en un país asociado como Australia, a pesar de que la cadena de suministro podría estar menos localizada y tener un costo potencialmente más alto, sería más resistente.

Si bien la localización puede tener costos más altos, puede traer beneficios económicos, apoyo político y la capacidad de resistir los choques geopolíticos. Para ser claros, no estamos sugiriendo un modelo donde exista una cadena de suministro completa en el país y solo sirva a éste. Vemos la localización como una estrategia donde las cadenas de suministro cruzan las fronteras, pero con socios en lugar de competidores estratégicos. Los mercados de consumo en muchos países individuales carecen de la escala necesaria para atraer capital hacia una cadena de suministro de EV completa, pero los bloques económicos regionales como la Unión Europea, el Mercosur, la Asociación Transpacífica (TPP) o T-MEX son ideales para facilitar el tamaño del mercado y el acceso al capital.

Un marco para la política industrial de la cadena de suministro de baterías de ion litio

Creemos que las políticas de la cadena de suministro de BIL y las estrategias industriales tienen una mayor probabilidad de éxito si utilizan el siguiente marco.

Un marco para desarrollar la estrategia industrial de la cadena de suministro de baterías de iones de litio

1	Si su jurisdicción no participa en una cadena de suministro de BIL, y usted cuenta con un recurso pero no tiene mercado ni fabricación de VE, incentive la actividad a nivel upstream.
2	Si su jurisdicción no participa en una cadena de suministro de BIL, y tiene un mercado de vehículos eléctricos o fabricación de vehículos históricos, pero no tiene recursos significativos, incentive la actividad a nivel downstream.
3	Si su jurisdicción ya produce concentrados de litio a partir de un recurso pero no productos químicos de batería, incentive el procesamiento para su producción. No incentive la actividad más adelante, a menos que tenga un mercado de vehículos eléctricos.
4	Si su jurisdicción tiene un mercado de vehículos eléctricos o fabricación de vehículos eléctricos, avance un paso a la vez. Deténgase en el procesamiento para fabricar productos químicos de batería si no tiene recursos significativos, o vaya hasta arriba si tiene recursos.
5	Para construir una cadena de suministro de BIL resistente, forme asociaciones con jurisdicciones que tengan posiciones complementarias en una cadena de suministro de BIL para que pueda integrarse verticalmente como un equipo.

Los encargados de formular políticas deben comprender la estructura de la actual cadena de suministro global de LIB. En este documento, lo mapeamos en seis pasos para simplificarlo, pero . En el contexto de este mapa, creemos que las jurisdicciones deberían implementar políticas de desarrollo que comiencen, ya sea con el desarrollo de recursos de litio (upstream), o la fabricación de vehículos eléctricos (downstream). La elección del punto de partida depende de cuántas condiciones previas para participar en un paso de una cadena de suministro se cumplen en una jurisdicción, incluido el tamaño y la calidad de sus recursos de litio y su mercado de vehículos eléctricos.

Para aprovechar plenamente los beneficios de la participación activa en un nivel de la cadena de suministro, que pueden ser condiciones previas para participar en otro nivel de la misma, creemos que avanzar un paso a la vez cada dos años es la forma más rápida en la que una jurisdicción debe tratar de desarrollar su cadena de suministro. En casi todos los casos, la mejor manera de desarrollar la participación es incentivar la compra de vehículos eléctricos. Esto es crítico para realizar nuestra transición energética global lejos de los combustibles fósiles, y es igualmente fundamental para la participación de cada jurisdicción en la economía futura.

Preguntas de política para la estrategia industrial de LIB: futuro

Si las siguientes jurisdicciones usaran el marco descrito anteriormente, se desarrollarían las siguientes estrategias industriales:

- Chile** Expandir la producción de litio químico y concentrado de Atacama y otros salares. La política debe apoyar a los productores en la mitigación del impacto del agua, como los nuevos estándares nacionalizados de programas de monitoreo de pozos, para así recuperar la licencia social para operar de los productores de salmuera, y la adopción de nuevas tecnologías para la extracción de litio. Chile debería duplicar su papel actual en la cadena de suministro global de BIL.
- Australia** Apoyar a los productores de productos químicos y concentrados de litio para encontrar clientes de cátodos en Asia, Europa u otros lugares. Australia debería adoptar un enfoque similar al de Chile.
- California** Apoyar al menos un proyecto único de litio geotérmico que se construya y ayude a resolver la extracción de los productos químicos de litio. California debería enfocarse en una inversión a la vez dentro de ese paso de su cadena de suministro para evitar terminar como Bolivia.
- Quebec** Apoyar la construcción del proyecto de Nemaska Lithium, idealmente utilizando su innovador diagrama de flujo de procesamiento bajo en CO₂ y de bajo desperdicio. Los formuladores de políticas podrían ayudar a expandir la fabricación de cátodos en Quebec si la fabricación de celdas de iones de litio en América del Norte continúa creciendo. Quebec debería darse cuenta de su potencial de recursos naturales, y sus empresas deberían integrarse con jurisdicciones con pasos complementarios en las cadenas de suministro de BIL.
- Asia** Dejar de financiar la investigación sobre la extracción de litio del agua de mar y ayudar a desarrollar una mayor conversión de concentrados domésticos a partir de salmueras o espodumeno. Es muy poco probable que el océano sea una fuente económica de productos químicos de litio, y los fabricantes de cátodos coreanos y japoneses necesitan esos productos químicos ahora. Corea del Sur y Japón deberían adoptar un enfoque complementario a Australia y Chile.
- Alberta** Apoyar la creación de al menos un proyecto único de litio en campos petrolíferos y ayudar a encontrar tecnologías de extracción de los químicos de litio. La historia de desarrollo de recursos naturales de la provincia canadiense facilitará una transición positiva del petróleo al litio. Alberta debería emular la participación de las cadenas de suministro de Chile o Australia. La fabricación de cátodos y vehículos eléctricos en Ontario podría ser una buena combinación, ya que los EE. UU. pueden integrarse menos con el resto de América del Norte.

Suecia

Respaldar los planes de Northvolt como parte de un enfoque europeo integrado para la fabricación de cátodos, celdas y vehículos eléctricos. Northvolt debería integrar verticalmente su cadena de suministro en un enfoque similar al de Ganfeng, pero desde un punto de partida diferente. Del mismo modo, Europa debería desarrollar sus propios recursos naturales y/o construir una capacidad de conversión de concentrados. Suecia debería continuar desarrollando su capacidad en el medio de la cadena de suministro europea de BIL y expandirse a nivel upstream con el tiempo.

Reconocimientos

Gracias a Vivas Kumar, Katharina Gerber, Vincent Ledoux Pedailles, David Guerrero, Francis Wedin, Jon Hykawy, David Deak, y otros profesionales a través de la cadena de suministros de BIL.

Referencias

- [1] Sherwood, Dave. “How Lithium-Rich Chile Botched a Plan to Attract Battery Makers.” *Reuters*, Thomson Reuters, 17 July 2019, www.reuters.com/article/us-chile-lithium-focus/how-lithium-rich-chile-botched-a-plan-to-attract-battery-makers-idUSKCN1UC0C8.
- [2] “Home.” *Lithium Valley WA*, www.lithiumvalleywa.com.au/.
- [3] Hockschild, David, and Tyson Eckerley. “California’s Lithium Recovery Initiative Symposium.” California’s Lithium Recovery Initiative Symposium. California’s Lithium Recovery Initiative Symposium, 12 Feb. 20AD, California, California. : <http://cdn.ceo.ca.s3-us-west-2.amazonaws.com/1f5bbno-getdocument+%281%29.pdf>
- [4] [Nemaska Lithium Inc. “Nemaska Lithium and Johnson Matthey Expand Lithium Hydroxide Supply Agreement.” *GlobeNewswire News Room*, "GlobeNewswire", 28 Mar. 2019, www.globenewswire.com/news-release/2019/03/28/1780990/0/en/Nemaska-Lithium-and-Johnson-Matthey-Expand-Lithium-Hydroxide-Supply-Agreement.html.
- [5] “Pilbara Minerals, Posco to Set up Joint Venture for Lithium Facility in South Korea.” *NS Energy*, 27 Aug. 2019, www.nsenergybusiness.com/news/pilbara-lithium-south-korea/.
- [6] “Toyota Tsusho to Acquire 15% Stake in Lithium Miner Orocobre for US\$232 Million.” *Green Car Congress*, 17 Jan. 2018, www.greencarcongress.com/2018/01/20180117-toyota.html.
- [7] Eisler, Matthew. “Bolivian Lithium: Why You Should Not Expect Any 'White Gold Rush' in the Wake of Morales Overthrow.” *The Conversation*, 15 Nov. 2019, <https://theconversation.com/bolivian-lithium-why-you-should-not-expect-any-white-gold-rush-in-the-wake-of-morales-overthrow-127139>.
- [8] Smith, Maurice. “Alberta Start-Ups In Global Race To Grab A Piece Of Booming Lithium Supply Chain.” *Alberta Start-Ups In Global Race To Grab A Piece Of Booming Lithium Supply Chain*, 1 Apr. 2020, www.dailyoilbulletin.com/article/2020/4/1/alberta-start-ups-in-global-race-to-grab-a-piece-o/.

Referencias (continuado)

- [9] Pollard, Niklas. "Sweden's Northvolt Raises \$1 Billion to Complete Funding for Mammoth Battery Plant." *Reuters*, Thomson Reuters, 12 June 2019, www.reuters.com/article/us-northvolt-funding-electric/swedens-northvolt-raises-1-billion-to-complete-funding-for-mammoth-battery-plant-idUSKCN1TD1WG.
- [10] "SUPPLY AGREEMENT between TESLA MOTORS, INC. and PANASONIC INDUSTRIAL COMPANY, DIVISION OF PANASONIC CORPORATION OF NORTH AMERICA, and PANASONIC CORPORATION, ACTING THROUGH ENERGY COMPANY." *Supply Agreement - Panasonic Corporation*, 21 July 2009, www.sec.gov/Archives/edgar/data/1318605/000119312510017054/dex1033.htm.
- [11] Fehrenbacher, Katie. "Tesla Tried To Buy Lithium Startup Simbol for \$325M." *Fortune*, Fortune, 9 June 2016, <https://fortune.com/2016/06/08/tesla-lithium-startup-simbol/>.
- [12] Lambert, Fred. "Tesla's Secret Roadrunner Project: New Battery Production at \$100 per KWh on a Massive Scale." *Electrek*, 28 Feb. 2020, <https://electrek.co/2020/02/26/tesla-secret-roadrunner-project-battery-production-massive-scale/>.
- [13] Siete, Página. "YLB Proveer." *YLB Proveerá 200 Baterías De Litio a Los Autos Quantum*, Diario Pagina Siete, 1 Oct. 2019, www.paginasiete.bo/economia/2019/10/1/yhb-proveera-200-baterias-de-litio-los-autos-quantum-232698.html.
- [14] Nienaber, Michael. "Germany to Urge next Bolivian Leaders to Revive Lithium Deal." *Reuters*, Thomson Reuters, 23 Jan. 2020, www.reuters.com/article/us-germany-bolivia-lithium/germany-to-urge-next-bolivian-leaders-to-revive-lithium-deal-idUSKBN1ZM1IP. [15] Kurian Nainan, Nikhil, and Ernest Scheyder. "Australia's Lynas Wins Funding for U.S. Heavy Rare Earths Facility." *Reuters*, Thomson Reuters, 22 Apr. 2020, www.reuters.com/article/us-usa-rareearths-lynas-corp/australias-lynas-wins-funding-for-us-heavy-rare-earths-facility-idUSKCN2240UL.
- [15] Kurian Nainan, Nikhil, and Ernest Scheyder. "Australia's Lynas Wins Funding for U.S. Heavy Rare Earths Facility." *Reuters*, Thomson Reuters, 22 Apr. 2020, www.reuters.com/article/us-usa-rareearths-lynas-corp/australias-lynas-wins-funding-for-us-heavy-rare-earths-facility-idUSKCN2240UL.
- [16] "Japan Sets aside ¥243.5 Billion to Help Firms Shift Production out of China." *The Japan Times*, 9 Apr. 2020, www.japantimes.co.jp/news/2020/04/09/business/japan-sets-aside-%C2%A5243-5-billion-help-firms-shift-production-china/#.XrkhimhKjb0.
- [17] TROCH, Paul DE. "European Battery Alliance." *Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs - European Commission*, 8 May 2018, https://ec.europa.eu/growth/industry/policy/european-battery-alliance_en.

SOBRE LAS AUTORAS

Chris Berry

Presidente de House Mountain Partners

Con sede en Nueva York, Chris ha sido analista independiente desde 2009 con un enfoque en las cadenas de suministro de Energy Metals, incluidos litio, cobalto, grafito, vanadio y tierras raras.

Su trabajo de asesoramiento proporciona información estratégica a los administradores de activos, bancos, empresas y academia y tiene un enfoque específico en cómo las tendencias disruptivas en energía, metales estratégicos y tecnología crean oportunidades. Antes de cambiar el enfoque al análisis de estas tendencias, Chris adquirió doce años de experiencia en los mercados de capitales tanto en el lado de compra como en el de venta.

Ha visitado y realizado análisis económicos de depósitos de metales en seis continentes y ha aparecido en varios medios de comunicación, incluidos Financial Times, The Wall Street Journal, South China Morning Post y CNN International, proporcionando información sobre la dinámica de la cadena de suministro de materias primas.

Chris posee una Maestría en Administración de Empresas en finanzas con un enfoque internacional de la Universidad de Fordham, y una Licenciatura en Artes en estudios internacionales del Instituto Militar de Virginia.

Alex Grant

Director, Jade Cove Partners

Alex es asesor de múltiples proyectos de litio en desarrollo en todo el mundo y otras partes interesadas de la cadena de suministro de material de batería. Alex es asesor de innovación tecnológica de Zelandez, una compañía de servicios de litio en salmuera con operaciones en Argentina, Bolivia y Chile. También es miembro fundador de la asociación Minviro Lithium LCA, que produce los modelos de impacto ambiental de más alta calidad del mundo para las industrias de litio y fabricación de baterías. Con Minviro, Jade Cove publicó el primer LCA de la moderna cadena de suministro de $\text{LiOH} \cdot \text{H}_2\text{O}$, que ahora es el punto de referencia público de la industria para la intensidad de CO_2 de la producción de litio.

Alex es cofundador y ex vicepresidente de tecnología de Lilac Solutions, una compañía de tecnología de extracción de litio de Silicon Valley financiada por Breakthrough Energy Ventures de Bill Gates. En Lilac, inventó los aspectos centrales de la cartera de propiedad intelectual de la empresa, apoyó la recaudación de fondos y construyó modelos sofisticados de estructura de costos para desarrolladores de proyectos de litio que han desbloqueado capital significativo para esos proyectos en todo el mundo.

Alex tiene un B.Eng. de la Universidad McGill en Ingeniería Química y Filosofía, y un M.S. de la Universidad Northwestern en Ingeniería Química.

SOBRE LAS AUTORAS continuado

Emily Sarah Hersh
Socio Director, Grupo DCDB

Emily Sarah Hersh tiene su sede en Buenos Aires, Argentina, donde se desempeña como Socia Gerente del Grupo DCDB. Emily se especializa en materiales de litio y baterías, y presenta el podcast The Minerals Manhattan Project (www.mineralsmanhattanproject.com) y la serie de videos Weekly Recharge. Emily ha dado discursos principales sobre litio, almacenamiento de energía, energía renovable en América Latina y tecnología emergente de baterías en eventos organizados por todo el mundo.

En 2018, Emily fue fundadora de AMES Argentina, la Asociación de Mujeres en Energía y Sostenibilidad en Argentina, y en 2019 se convirtió en miembro fundador de Women in Mining, Capítulo de Argentina.

Emily tiene una Licenciatura en Ciencias Económicas de la Universidad de Tulane, una maestría en Asuntos Internacionales de la Universidad Americana. Es becaria no residente del Instituto Payne de Políticas Públicas de la Escuela de Minas de Colorado.

The Payne Institute *for* Public Policy



ACERCA DEL INSTITUTO PAYNE

La misión del Instituto Payne en la Escuela de Minas de Colorado es proporcionar información científica de clase mundial, ayudando a informar y dar forma a las políticas públicas sobre los recursos de la tierra, la energía y el medio ambiente. El Instituto se estableció con una donación de Jim y Arlene Payne, y busca vincular la sólida investigación científica y de ingeniería y la experiencia en Minas con cuestiones relacionadas con las políticas públicas y la seguridad nacional.

La serie de comentarios del Instituto Payne ofrece ideas e investigaciones independientes sobre una amplia gama de temas relacionados con la energía, los recursos naturales y la política ambiental. La serie se adapta a tres categorías, a saber: puntos de vista, ensayos y documentos de trabajo.

Para obtener más información sobre el Instituto Payne, visite:

<https://payneinstitute.mines.edu/>

o síguenos en Twitter o LinkedIn:



DESCARGO DE RESPONSABILIDAD: Las opiniones, creencias y puntos de vista expresados en este artículo son exclusivamente del autor y no reflejan las opiniones, creencias, puntos de vista o políticas oficiales del Instituto Payne o la Escuela de Minas de Colorado.



SOBRE EL INSTITUTO DE LAS AMÉRICAS

Durante más de 35 años, el Instituto de las Américas ha promovido políticas públicas acertadas y fomentado la cooperación entre las partes interesadas del sector público y privado en todo el hemisferio. Nuestros diversos programas enfatizan la innovación y el avance tecnológico como la clave para construir economías del siglo XXI en las Américas.

Ayudamos a dar forma e informar a las políticas públicas, así como a catalizar la innovación en sectores centrales que incluyen: energía y sostenibilidad, ciencias biológicas y biotecnología y STEAM.

Para más información, visite iamericas.org

