

PRÁCTICA GLOBAL DE TRANSPORTE

CORREDORES ECONÓMICOS TRANSFORMADORES DEL NOROESTE ARGENTINO



Trabajo sobre un proyecto minero de litio en Catamarca, Argentina. Fotografía: S&P Global.

Índice

	1
Índice	2
Agradecimientos	6
Resumen ejecutivo	7
1. Corredores económicos transformadores del noroeste argentino	17
1.1. Promoción del enfoque sobre el litio	17
1.1.1. Rol en las vías mundiales de descarbonización	17
1.1.2. Posible cambio de paradigma para Salta, Catamarca, Jujuy y Argentina en general	18
1.1.3. Un abordaje de corredor económico para el NOA	19
1.2. Contexto socioeconómico de la región noroeste de Argentina	21
2. La cadena de valor del litio	24
2.1.1. Proyectos de producción de litio en curso en el NOA	27
2.1.2. Otros participantes de la cadena de valor del litio y sus ubicaciones	29
2.1.3. Mercados actuales y previstos para el litio del NOA	33
3. Otros generadores de carga clave en el NOA	33
3.1. Flujo total de carga en 2021	33
3.1.1. Por red vial	33
3.1.2. Por ferrocarril	35
3.2. Relación espacial entre la minería de litio y otros sectores económicos del NOA	37
4. Conexiones de transporte que promueven el litio y otros sectores del NOA	42
4.1. Activos viales, ferroviarios e intermodales existentes	43
4.1.1. Características del transporte para los productos de litio	49
4.1.2. Necesidades de transporte de insumos para la industria del litio	50
4.1.3. Pertinencia o importancia crítica de los activos de transporte para otros sectores económicos clave	53
4.2. Flujos de tráfico actuales y proyectados sobre las conexiones de transporte pertinentes identificadas: un enfoque de escenarios	55
4.2.1. Insumos y productos en el sector del litio	55
4.2.2. Otros bienes de minería	57
4.3. Accesibilidad de la última milla y otras necesidades de infraestructura	58
4.3.1. Acceso vial a la última milla	58
4.3.2. Acceso a la electricidad y el gas	59
5. Costos y oportunidades de la infraestructura de transporte	62
5.1. Necesidades de mantenimiento vial significativamente mayores	62
5.2. Oportunidades para un cambio de modo vial a ferroviario	64

5.3. Beneficios de la reducción prevista de las emisiones con el cambio potencial del modo	67
6. Los impactos más amplios de los "corredores de litio"	68
6.1. Efectos económicos y laborales multiplicadores a nivel local	68
6.2. Incentivos para las inversiones en la comunidad	71
6.3. Posibles efectos secundarios negativos de la minería de litio en otras actividades económicas	73
6.3.1. Extracción de agua	73
6.3.2. Impacto de la congestión en la seguridad vial y el turismo	74
7. Recomendaciones	75
7.1. Infraestructura	75
7.2. Medidas políticas y normativas	78
8. Bibliografía	81
Anexo 1: Flujos de transporte de carga desde y hacia el NOA en 2021	84
Anexo 2: Proyección de laMOD21 (vial y ferroviaria) hacia 2045	87
Anexo 3. Análisis de los costos de mantenimiento que surgen de una mayor circulación de camiones	89
Anexo 4: Reducción de las emisiones de carbono al cambiar de modo vial a ferroviario	93
Anexo 5: Antecedentes sobre las responsabilidades institucionales del transporte y las normas pertinentes	94
Sector vial	94
Sector ferroviario	94
Anexo 6: Ejemplos de la inversión en rutas y la distribución de los costos de mantenimiento entre el sector público y privado	97

Gráficos

Gráfico 1: Flujos comerciales agregados a nivel global de óxido, hidróxido y carbonatos de litio	8
Gráfico 2: Flujo de transporte asociado al litio hacia y desde el NOA	9
Gráfico 3: Proyectos mineros por etapa de desarrollo	11
Gráfico 4: Tierras agrícolas en relación con los proyectos de litio en el NOA	11
Gráfico 5: Cargas de insumos y productos de minería de litio proyectadas para 2045 (miles de toneladas)	13
Gráfico 6: Los mayores volúmenes relacionados con el sector del litio en 2045 se transportarán por las RN 34, 51, 52, 17 y 43, algunas de las cuales actualmente son caminos menores sin pavimentar.	13
Gráfico 7: Un sistema de transporte eficiente y políticas complementarias para atraer inversiones y actividad económica redundan en beneficios para la ruta del corredor económico/de desarrollo	21
Gráfico 8: El NOA registra la mayor incidencia de hogares con necesidades básicas insatisfechas de Argentina	23
Gráfico 9: La intensidad de la luz nocturna sugiere una concentración de la actividad económica predominantemente en las ciudades capitales del NOA	23
Gráfico 10: Los sectores de la agricultura y la minería se encuentran entre los principales motores de empleo en las provincias del noroeste	25
Gráfico 11: A pesar de su potencial significativamente mayor, Argentina produce solo el 8 % del litio mundial	26
Gráfico 12: Conexiones basadas en litio en el proceso de producción de baterías de iones de litio	27

Gráfico 13: Los flujos comerciales mundiales de óxido, hidróxido y carbonatos de litio involucran principalmente a Asia oriental, EE. UU. y Europa.	28
Gráfico 14: Incremento de la producción anual (toneladas de LCE), considerando los proyectos con Estudios de Impacto Ambiental aprobados	30
Gráfico 15: Los proyectos de cal están conectados por la red vial nacional, pero la mayoría de los proyectos de litio están alejados de ella.	32
Gráfico 16: Los minerales, combustibles y granos representan los mayores volúmenes del comercio del NOA	35
Gráfico 17: En 2021, el volumen del flujo de minerales que se originan en el NOA es menos de la mitad del volumen que se transporta al NOA desde las demás provincias de Argentina, en particular desde Buenos Aires y San Juan	35
Gráfico 18: Las rutas de la línea cerealera (“Cerealero”) y azucarera (“Azucarero”) del ferrocarril Belgrano conectan los puertos de Rosario y Buenos Aires	37
Gráfico 19: Se están preparando las inversiones en el Ferrocarril Belgrano para destinarse a las mejoras del NOA	38
Gráfico 20: Numerosos proyectos de minería que no son de litio en el tramo occidental del NOA se encuentran en diversas etapas de desarrollo.	39
Gráfico 21: Las tierras para cultivo y plantación permanente se encuentran geográficamente alejadas de los proyectos de litio del NOA	40
Gráfico 22: Salta registra la mayor producción de granos, animales vivos y carne del NOA (miles de toneladas por año)	40
Gráfico 23: La superficie cosechada de maíz (hectáreas) se encuentra geográficamente alejada de los proyectos de litio del NOA	41
Gráfico 24: La superficie cosechada de soja (hectáreas) se encuentra geográficamente alejada de los proyectos de litio del NOA	41
Gráfico 25: Algunos proyectos de litio se encuentran en zonas protegidas y en la mayoría se utilizarán rutas de transporte pertinentes para los sitios turísticos	43
Gráfico 26: Los flujos de carga ferroviaria y vial en Argentina giran en torno a los puertos de Rosario y Buenos Aires	44
Gráfico 27: Los proyectos de litio están lejos de las principales rutas, en especial las pavimentadas	46
Gráfico 28: Los volúmenes vehiculares en las rutas nacionales del NOA son bajos (2021)	46
Gráfico 29: Las rutas de Salta y Jujuy pertinentes para los proyectos de litio se encuentran en estado regular o deficiente, de acuerdo con el Índice de Regularidad Internacional (IRI)	47
Gráfico 30: El sistema ferroviario de carga de Argentina funciona parcialmente	48
Gráfico 31: Los flujos de insumos y productos de la cadena de valor del litio se realizan predominantemente por el Atlántico	53
Gráfico 32: Volúmenes del flujo de carga desde/hacia el NOA, por ruta destacada	55
Gráfico 33: Los volúmenes de flujo de carga desde/hacia el NOA en ferrocarril en 2021 fueron bajos y el ramal C12 transportó la mayor parte que se dirigía de oeste a este	56
Gráfico 34: Se proyecta un aumento de las cargas de insumos y productos de minería de litio hacia 2045 (miles de toneladas) de hasta al menos cinco veces	58
Gráfico 35: Se proyecta un aumento de más de diez veces de las cargas de insumos y productos mineros hacia el 2045	59
Gráfico 36: Los volúmenes de carga totales proyectados para 2045 según el escenario 2 se transportarán mayormente en las RN 34, 68, 9, 51 y 52, mientras que la RN 17 y la RN 43 serán de particular importancia para la minería de litio	59
Gráfico 37: La minería metálfera es lo que impulsa la demanda de energía proyectada para el NOA 2022-2030 (megavatios-hora por año)	61
Gráfico 38: La mayoría de los proyectos de litio se encuentran alejados de la infraestructura eléctrica	61
Gráfico 39: La minería, los granos y el litio tienen un alto potencial de cambio de modo vial a modo ferroviario	67

<i>Gráfico 40: Un cambio al modo ferroviario duplicaría los volúmenes transportados en algunos ramales hacia el 2045.</i>	68
<i>Gráfico 41: Las reducciones estimadas de emisiones de CO₂ por año como consecuencia del cambio de modo vial a ferroviario (millones de toneladas) alcanzan las 36,83 millones de toneladas métricas de CO₂ por año</i>	70
<i>Gráfico 42: La brecha salarial femenina en la minería de litio es mayor que en la minería en general, a pesar de que el sector emplea de forma desproporcionada a más mujeres (2021)</i>	71
<i>Gráfico 43: Prestación del servicio ferroviario bajo acceso abierto y modo en que mejora la eficiencia del ferrocarril</i>	95

Cuadros

<i>Cuadro 1: Para abordar las necesidades de los sectores productivos clave del NOA, se necesitan intervenciones políticas/regulatorias y de infraestructura</i>	16
<i>Cuadro 2: Proyectos de litio del NOA en diferentes etapas del progreso, con anuncios de inversiones</i>	29
<i>Cuadro 3: El transporte de carga interior en Argentina es predominantemente vial</i>	44
<i>Cuadro 4: En la nueva Enmienda se contempla la realización de mejoras de vías en una serie de líneas ferroviarias del NOA</i>	49
<i>Cuadro 5: Otros sectores que producen cargas también utilizan muchas de las principales rutas para el sector del litio (2021)</i>	55
<i>Cuadro 6: Las empresas de minería de litio del NOA están realizando diversas inversiones en el acceso vial a la última milla</i>	60
<i>Cuadro 7: Las empresas de minería de litio en el NOA invierten significativamente en acceso a la energía</i>	62
<i>Cuadro 8: La capacidad fotovoltaica total instalada en Jujuy, Salta y Catamarca es de casi 600 megavatios.</i>	63
<i>Cuadro 9: La disponibilidad de los datos sobre el acceso/uso del agua por parte de las empresas mineras en el NOA es parcial</i>	76

Agradecimientos

Este informe fue elaborado por un equipo dirigido por Liljana Sekerinska (Especialista Sénior en Transporte, ILCT1) y Aiga Stokenberga (Economista Sénior en Transporte, ILCT1), con amplios aportes proporcionados por Laura Ferrarini (Consultora, ILCT1), Carolina Sánchez (Consultora, ILCT1) y Fernando Merino Martínez (Colaborador temporal, ILCT1). La orientación general estuvo a cargo de Marianne Fay (Directora de país, LCC7C), Paul Procee (Gerente de operaciones, LCC7C), María Marcela Silva (Directora regional, ILCDR) y Bianca Bianchi Alves (Gerente de práctica, ILCT1). La asistencia administrativa estuvo a cargo de Patricia De la Caridad Marrero (Asistente de equipo, ILCT1) y Sofía Gervasi (Asistente de equipo, LCC7C).

El equipo recibió valiosos comentarios de la revisión a cargo de los colegas Anne-Cecile Souhaid (Especialista Principal en Transporte, IAWT4), Fiona Collin (Especialista Sénior en Transporte, IECT1), Rafael Muñoz Moreno (Economista Principal, ELCDR) y Javier Aguilar (Especialista Sénior en Minería, IEEXI). El equipo también desea agradecer los valiosos comentarios y aportes de los colegas del Banco Mundial, a saber, Juan Miguel Velasquez Torres (Especialista Sénior en Transporte, IAET1), Verónica Raffo (Especialista Sénior en Infraestructura, ILCT1), Santiago Arias (Especialista Sénior en Urbanismo, SLCUR), Ayah Mahgoub (Especialista Sénior en Desarrollo Urbano, SLCUR), Joanne Gaskell (Economista Agrícola Sénior, SLCAG) y Esteban Travaglianti (Ingeniero, Consultor). A lo largo de la elaboración del estudio, el equipo también recibió los comentarios y el asesoramiento de sus contrapartes de la Secretaría de Minería de la Nación, el Consejo Federal de Inversiones (CFI), el Ministerio de Transporte de la Nación y las autoridades provinciales de minería y transporte. El equipo recibió valiosos conocimientos durante las entrevistas de numerosas partes interesadas en materia de litio y otros sectores productivos, incluidos la Cámara Argentina de Empresas Mineras (CAEM), el Consejo Federal de Minería, la Bolsa de Cereales de Buenos Aires, la Comisión Nacional de Regulación del Transporte (CNRT), el Nuevo Central Argentino (NCA), Trenes Argentinos Infraestructura (ADIF), Ferrosur, la Unión Industrial Argentina, Allkem, Minera Exar y Taca Taca.

Resumen ejecutivo

Mediante los esfuerzos destinados a facilitar la transformación del crecimiento del noroeste de Argentina (NOA) se deben abordar de manera efectiva las necesidades del transporte en constante evolución. Este estudio tiene como objetivo analizar las futuras demandas de transporte que se anticipan y surgen de los crecientes sectores económicos de la región, al mismo tiempo que examina su impacto potencial en la red de transporte existente. Cabe destacar que las inversiones actuales en el sector minero sugieren un aumento en los volúmenes de carga hacia el futuro, lo que sin duda influirá en la infraestructura de transporte del NOA y creará nuevas oportunidades para actividades económicas adicionales. En particular, el informe analiza el surgimiento del litio como un motor de crecimiento prometedor de importancia mundial en los esfuerzos de descarbonización. Tanto el sector minero como el agrícola en el NOA requerirán la identificación de mejoras de infraestructura vitales y cambios normativos y regulatorios para garantizar la prestación de servicios de transporte de alta calidad y facilitar el crecimiento y desarrollo general de la región.

Litio: La oportunidad argentina en un entorno desafiante

Los sectores globales de energía y transporte deberán descarbonizarse significativamente en los próximos años y décadas, si se quieren cumplir los objetivos de reducción de emisiones netas de carbono cero para 2050, lo que requerirá grandes cantidades de recursos minerales, y el litio desempeñará un rol clave en la fabricación de baterías para electromovilidad y almacenamiento de energías renovables. Por lo tanto, se espera que la industria del litio experimente una expansión sin precedentes en los próximos años. Esto requerirá importantes mejoras de eficiencia en los procesos involucrados en la extracción, transporte y distribución de este mineral y sus derivados. De acuerdo con los pronósticos, para el año 2030, se necesitarán más de 1,3 millones de toneladas de LCE (carbonato de litio equivalente), casi tres veces el volumen disponible en la actualidad, para satisfacer la demanda proyectada. Esto nos da una idea de las dimensiones de la transformación que tenemos por delante.

Argentina es uno de los países con mayores recursos de litio a nivel mundial, la mayoría de los cuales se concentran en las provincias del NOA (Salta, Jujuy y Catamarca). Sin embargo, están lejos de ser utilizados en todo su potencial: los recursos de litio del país representan el 22 % de los recursos mundiales, pero solo entre el 6 % y el 8 % de la producción mundial. Las exportaciones de litio actualmente representan USD 696 millones, pero podrían aumentar hasta 5 veces en los próximos 10 años.

Este potencial de litio se concentra en algunas de las provincias económicamente más desfavorecidas, lo que crea una oportunidad transformadora para superar las desventajas históricas. Con una incidencia de pobreza del 25,4 % (la más alta del país), un PNB per cápita bajo y una proporción considerable de sus hogares con necesidades básicas insatisfechas, el NOA presenta uno de los contextos socioeconómicos más complejos de Argentina, que necesita un impulso en materia económica y productiva. Cabe destacar que el litio argentino tiene una ventaja importante: posee un menor nivel de impurezas, lo que se traduce en menores costos de procesamiento. Además, el país podría desarrollar aún más la mayor parte de la cadena de valor del litio, que se describe con más detalle a continuación. La expansión de la industria del litio podría aumentar el PNB del NOA en más del 10 %, con un aumento de los ingresos fiscales en una cantidad similar. También se podría aumentar el empleo regional hasta un 6,5 %.

Todas estas mejoras se verán reforzadas si la estrategia de desarrollo no se limita a la industria del litio, sino que abarca otros sectores económicos en auge del NOA, con la creación de corredores económicos. Por lo tanto, estos corredores económicos requieren un enfoque integral para alcanzar el éxito, a fin de garantizar

que la expansión no solo se concentre en las grandes ciudades, sino que la inversión y el desarrollo económico se extiendan a las áreas menos desarrolladas de los alrededores.

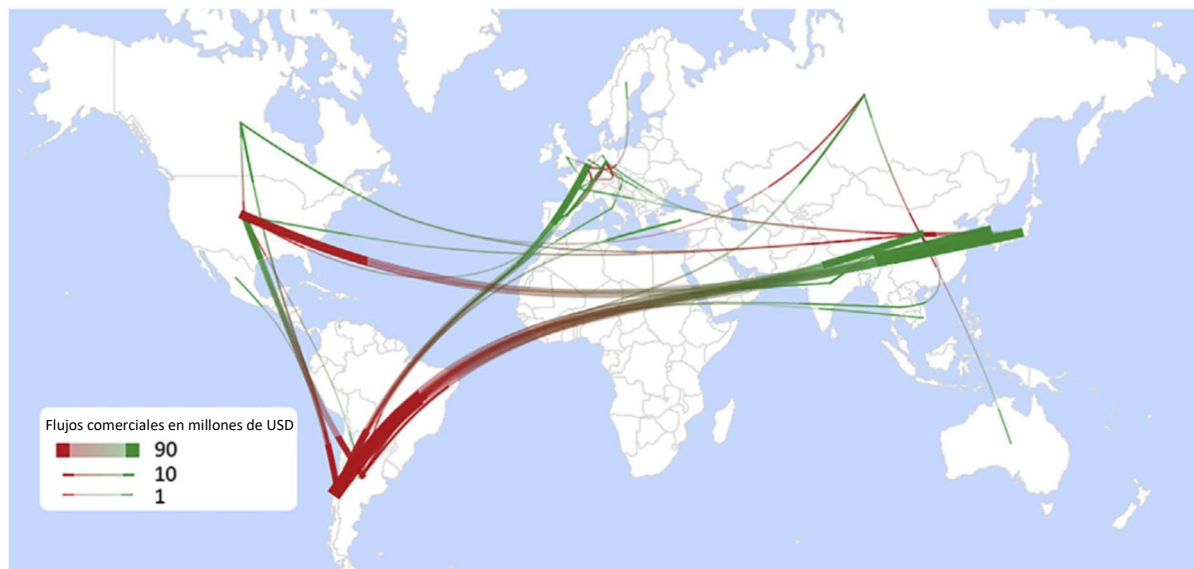
Una pequeña industria de rápido crecimiento

A partir de 2022, el litio ha sido el segundo mineral más exportado de Argentina, con un total de USD 696 millones en 2022. Existen grandes posibilidades para un mayor crecimiento, ya que las exportaciones de litio están creciendo notablemente al 234 % interanual (datos de 2021-22). Se espera que los proyectos en desarrollo permitan a Argentina satisfacer el 17 % de la demanda mundial para fines de esta década. Esto representaría exportaciones de litio por un valor de entre USD 2000 y USD 3500 millones al año.

Actualmente, la cadena de valor del litio a nivel mundial gira en torno a la fabricación de baterías para vehículos eléctricos, con varios procesos que se pueden agrupar en *upstream* (extracción y refinación de materia prima), *midstream* (fabricación de componentes de baterías) y *downstream* (producción y ensamblaje del sistema de baterías). En la actualidad, Argentina se concentra en la extracción de litio y la producción de carbonato de litio e hidróxido de litio. Estos se exportan principalmente a Asia, y a China en particular: ese país consume el 50 % de la cuota mundial de litio, mientras que su producción representa solo el 7 % del total. Además, el sector del litio argentino podría diversificarse y desarrollar aún más su cadena de valor, excepto parte del *midstream* que involucra un compuesto fuertemente concentrado en unos pocos productores.

Si bien esta diversificación del resto de la cadena de valor es aún incipiente (ya existen algunos proyectos relevantes vinculados a la fabricación de baterías de iones de litio), la expansión del sector de la minería de litio continúa: hay 22 proyectos en el NOA en etapa avanzada de desarrollo y un total de 37 proyectos con inversiones anunciadas. A noviembre de 2022, solo había dos proyectos en curso a escala industrial, con una capacidad de producción anual combinada de poco menos de 40 000 toneladas LCE. Para fines de esta década, la producción anual esperada de litio en el NOA aumentará en aproximadamente 220 000 toneladas. Esto requerirá mejoras logísticas en las diferentes etapas de la cadena de valor del litio, y otros sectores podrán aprovecharlas si estas mejoras se planifican adecuadamente.

Gráfico 1: Flujos comerciales agregados a nivel global de óxido, hidróxido y carbonatos de litio



Fuente: Olivetti y otros. (2017); **Nota:** El ancho de los flujos es proporcional al valor comercial en dólares estadounidenses; los importadores están marcados en verde y los exportadores en rojo. Flujos agregados de óxido e hidróxido de litio, así

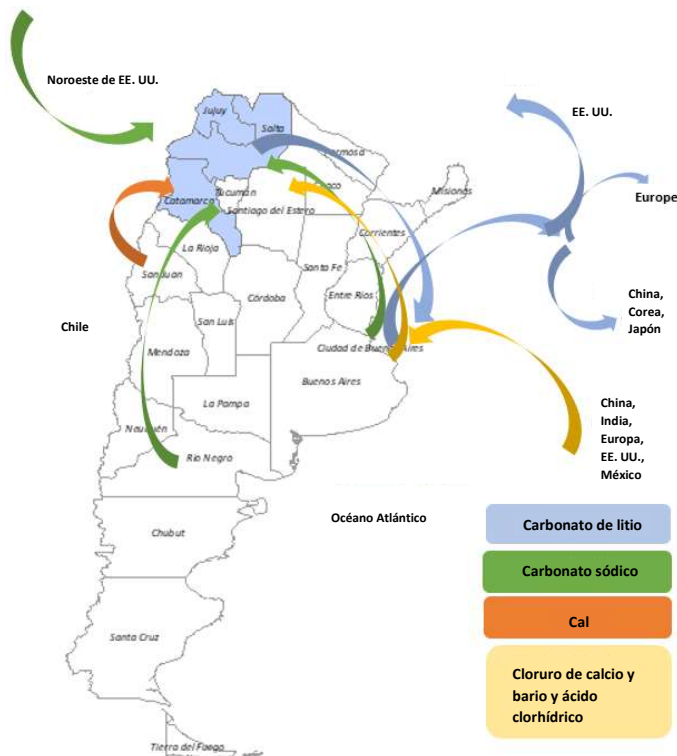
como carbonatos de litio (no incluye concentrados, que estarían bajo dominio de Australia). No se incluyen los flujos con un valor inferior a USD 1 millón

El sector del litio se encuentra en constante desarrollo y genera una alta demanda laboral, por lo que se prioriza la mano de obra local. En 2020, más del 60 % del empleo metalífero provino de la misma provincia donde se encuentran los depósitos. Por lo tanto, por el momento no existen flujos significativos de trabajadores del sector minero en el NOA. Esto podría cambiar en los próximos años si se revierte la tendencia de contratar trabajadores locales.

Vínculo entre la industria del litio y la infraestructura de transporte del NOA

Los modos de transporte vial y ferroviario son los modos de transporte de carga predominantes dentro del NOA, en ese orden. La ruta más común para los insumos del litio se extiende desde el puerto de Campana, pasando por la Ruta Nacional (RN) 34 que se dirige a Jujuy, luego la RN 66 que llega hasta Perico y, por último, la RN 9 hacia Purmamarca (y viceversa para los productos derivados del litio). Existen varios desafíos respecto al transporte vial para la industria del litio en el NOA. La región tiene una menor densidad de rutas que el promedio nacional, y el estado de las mismas suele ser regular o malo. Se ha estimado que los costos logísticos en las regiones del norte son hasta un 50 % más altos que en las regiones vecinas, debido a las deficiencias de conectividad y calidad. En la mayoría de los proyectos de litio se utilizarán tramos de rutas y caminos provinciales que se encuentran en la Puna remota y son de ripio. La red del ferrocarril Belgrano es la columna vertebral del sistema ferroviario del NOA. Su estado sigue siendo heterogéneo, con varios tramos fuera de operación en la actualidad, y una parte considerable de las líneas operativas que se encuentran en un estado malo o regular.

Gráfico 2: Flujo de transporte asociado al litio hacia y desde el NOA



La elección del puerto de exportación tendrá un impacto en las necesidades de infraestructura de transporte para la industria del litio. Dependiendo del destino de las exportaciones, para ciertos volúmenes de litio se prefieren los puertos de Chile (destinados a los mercados de Asia o la costa occidental de los Estados Unidos) o el puerto de Buenos Aires. Esto determinará qué tramos de la red de transporte del NOA serán los más relevantes. Además, la elección del puerto depende de los desarrollos marítimos globales y los cambios en las escalas de los buques en los puertos, que durante la pandemia dejaron de visitar puertos más pequeños en el norte de Chile.

... y otros sectores económicos

Las tres provincias del NOA tienen una actividad económica considerable y, a menudo, creciente en varios sectores además de la industria del litio, que se benefician de los corredores económicos. La lista incluye, pero no se limita, a otras industrias mineras, la agricultura y el turismo. En 2021, se transportaron hacia o desde el NOA unos 25 millones de toneladas (6,4 % del total nacional), con prevalencia de productos mineros (40 %).

Mediante las mejoras de infraestructura que respaldan la industria del litio también se beneficiará a otras industrias mineras, como la del cobre, la plata y el oro. Para la producción de los dos últimos se requiere una serie de insumos, entre ellos cal, cianuro de sodio y ácido nítrico. Estos proyectos a menudo se ubican relativamente cerca de la producción de litio en etapa inicial (gráfico 3). Uno de los proyectos mineros más prometedores del NOA es la mina de cobre Taca, en el oeste de la provincia de Salta. Se prevé que genere un volumen de tráfico total de 1,35 millones de toneladas por año para 2028, lo que superaría ampliamente los volúmenes totales que se esperan de los proyectos de litio en la región. Este proyecto está ubicado cerca de varios proyectos de litio en construcción, por lo que las sinergias positivas que podrían surgir son significativas.

Las zonas agrícolas y ganaderas de la región se concentran en el este de Salta y el sur de Catamarca, a varios cientos de kilómetros de distancia de las zonas mineras de litio (gráfico 4), aunque dependen de los mismos corredores nacionales hacia los puertos de Rosario y Buenos Aires. En 2016, la provincia de Salta generó una producción de 3,56 millones de toneladas de granos (principalmente maíz y soja), Catamarca produjo unas 241 000 toneladas (principalmente soja y trigo), y la producción total de granos en Jujuy se estimó en 119 000 toneladas (donde se destacan el maíz y la soja). El volumen de granos y derivados es actualmente considerable en el transporte ferroviario del NOA (1,99 millones de toneladas o 74,8 % del volumen total transportado), por lo que las iniciativas de inversión en el sector ferroviario relacionadas con el litio y la minería contemplarían este pujante sector de la economía regional.

Gráfico 3: Proyectos mineros por etapa de desarrollo

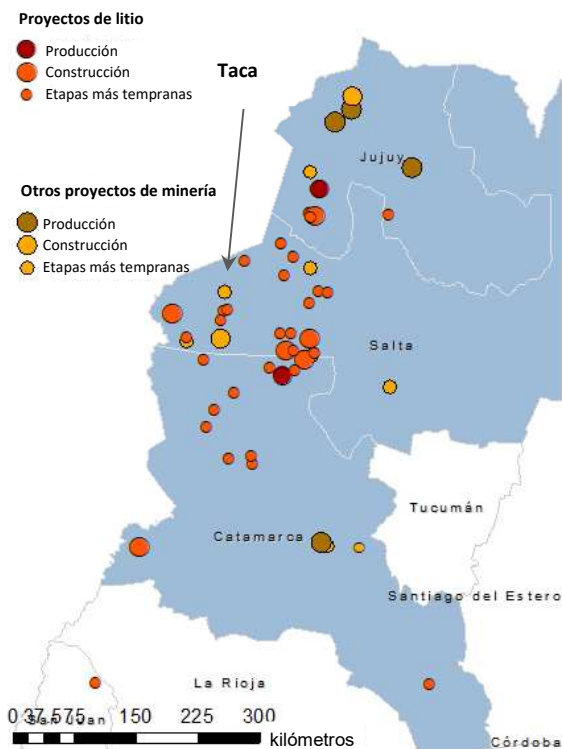
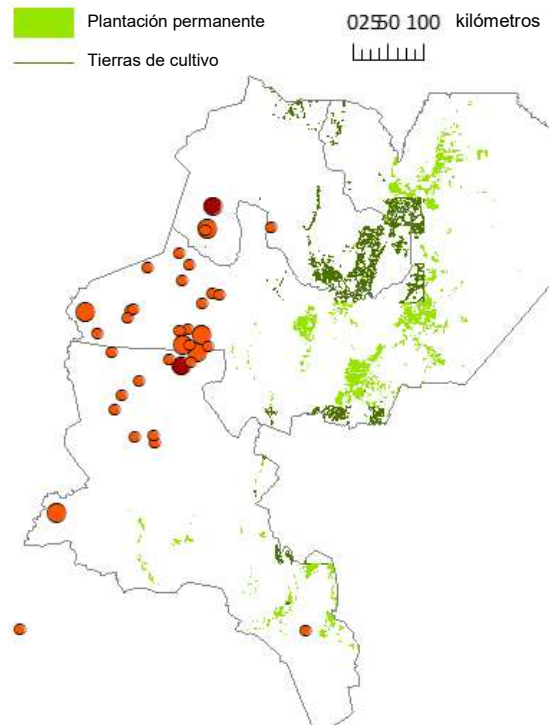


Gráfico 4: Tierras agrícolas en relación con los proyectos de litio en el NOA



Mediante un enfoque de corredor económico se beneficiaría el desarrollo del turismo y se impulsarían las crecientes iniciativas locales para desarrollar aún más este sector, especialmente en la Puna. La Puna ofrece diversos atractivos naturales y servicios turísticos que aprovechan las experiencias al aire libre y las actividades extremas. Por lo tanto, el turismo está cobrando impulso, y actividades como el senderismo, el montañismo y el turismo alternativo (de naturaleza y cultural) adquieren cada vez más importancia. Las mejoras de infraestructura efectuadas por las propias empresas de litio y cualquier inversión del gobierno provincial o nacional que se centre en las áreas mineras de litio podrían tener efectos indirectos positivos para el turismo al mejorar la accesibilidad, expandir la oferta turística hacia estos destinos remotos y así diversificar la oferta turística. Aprovechar las inversiones en infraestructura para el desarrollo de hoteles y restaurantes, entre los servicios de apoyo al sector, y estimular la colaboración entre las partes interesadas del turismo puede contribuir a expandir el sector turístico.

Qué está por venir: desafíos y oportunidades

Los actuales volúmenes transportados que se asocian a la industria del litio, pero especialmente los que vendrán en los próximos años y décadas, representarán un desafío (y una oportunidad) para la red de transporte regional. Además de los volúmenes de productos a base de litio, es importante considerar los insumos químicos que requiere esta industria, que ya son significativos. En el marco de los proyectos de litio se requieren muchos insumos químicos: cal, carbonato sódico, ácido clorhídrico, cloruro de bario y calcio, entre otros. Los futuros desafíos logísticos del NOA son diversos: la cantidad requerida de algunas de estas sustancias supera de 3 a 4 veces los volúmenes de litio producidos; otras sustancias deben traerse desde China, India o Europa hasta el NOA.

Las necesidades de infraestructura de transporte en el NOA crecerán con el desarrollo de la industria del litio; ya para 2031, se prevé que la producción de litio y los insumos utilizados en la misma crezcan entre 1,8 millones de toneladas y 2,2 millones de toneladas (gráfico 5). Se desarrollaron dos escenarios para evaluar el probable impacto del crecimiento asociado a la producción de litio en la demanda de transporte. En el escenario 1 se contempla la dinámica de producción de los dos proyectos que ya exportan carbonato de litio y el alcance previsto en la producción, así como la disminución de la producción hacia el final del período (para 2045). Además, el escenario 1 supone el inicio de la operación de los depósitos para los que ya se ha aprobado un Estudio de Impacto Ambiental (EIA)¹ con vistas a la construcción. En el escenario 2, el escenario 1 se complementa con el crecimiento de la producción como resultado del avance de los diferentes proyectos y se consideran incrementos de 5000 toneladas de crecimiento gradual hasta alcanzar 30 000 toneladas adicionales, y la expansión de la capacidad anunciada por los inversionistas actuales². Como resultado, se espera un aumento significativo en los volúmenes transportados por las rutas de la región, donde las RN 51,

¹ Si bien es razonable la incertidumbre que existe respecto de si estos proyectos adicionales se completarán y comenzarán a producir en el tiempo previsto, la aprobación de un EIA es un hito clave en el proceso de desarrollo de los proyectos que permite a las empresas comenzar la construcción.

² Por ejemplo: el Proyecto Sal de Oro ya tiene una planta piloto operativa y los volúmenes se contemplan en el escenario 1, pero en el escenario 2 estos volúmenes se incrementan a partir de 2026 y crecen 5000 toneladas anuales hasta 2029 (según lo anunciado por Sal de Oro para su segunda etapa de expansión).

52, 17, 34 y 43 se destacan como las más utilizadas. Algunas de estas, como la RN 17 y 43, son rutas menores y no pavimentadas (gráfico 6).

Se prevén cifras similares para el resto del sector minero. En total, se espera que los volúmenes de insumos y productos transportados hacia y desde las minas de cobre, plata, oro, zinc y plomo del NOA aumenten de poco más de 8500 toneladas en 2022 a unas 620 000 toneladas en 2026 y alrededor de 1,15 millones de toneladas a partir de 2030. Si se consideran los insumos y productos del litio, el volumen total de productos mineros transportados hacia y desde el NOA aumentará de aproximadamente 332 000 toneladas en 2022 a casi diez veces esa cifra a partir de 2030.

En total, de los 1,7 millones de toneladas de insumos para la extracción de litio, el 36,4 % podría trasladarse en ferrocarril. En la actualidad, el ramal C14 transporta un poco menos de 13 000 toneladas, y se prevé que aumente a 18 000 toneladas para 2045 ante la ausencia de un cambio en el modo de transporte vial hacia el transporte ferroviario. La perspectiva de los proyectos mineros en consideración permitiría sumar más de 1,33 millones de toneladas a este ramal, y alcanzaría un volumen total de alrededor de 1,35 millones de toneladas. En cuanto a los insumos, actualmente algunas empresas están intentando transportar carbonato sódico en tren desde los puertos de Campana, Chenaut y Pilar.

Además de los desafíos de la infraestructura de transporte, la demanda de energía es un reto adicional, ya que se espera que crezca significativamente entre 2022 y 2030 en el NOA: de 400 000 megavatios-hora por año a unas cuatro veces esa cantidad. Este crecimiento será impulsado por la minería metalífera (como en Taca Taca), cuyos procesos requieren un uso más intensivo de la energía que los asociados con la extracción de litio. Actualmente, la producción de energía en el NOA está dominada por el gas. Algunas empresas mineras de litio producen toda o parte de la electricidad que consumen, y muchas están invirtiendo en conexiones a importantes gasoductos. La región tiene un enorme potencial para el desarrollo de generación fotovoltaica, lo que es muy positivo para avanzar hacia la descarbonización de la minería y otros sectores, pero también puede generar una necesidad sustancial de almacenamiento en baterías.

Gráfico 5: Cargas de insumos y productos de minería de litio proyectadas para 2045 (miles de toneladas)

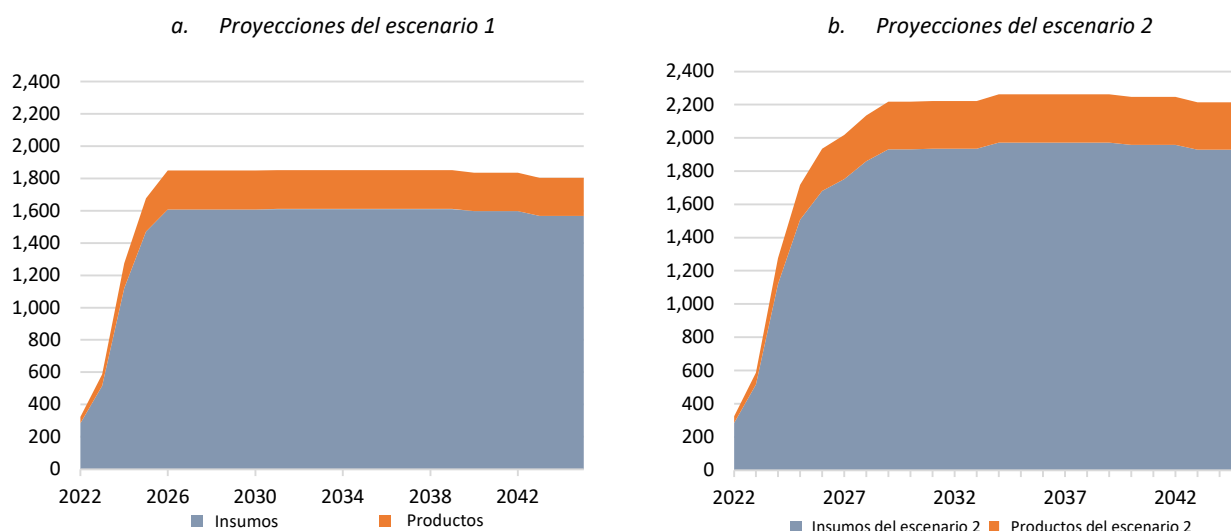
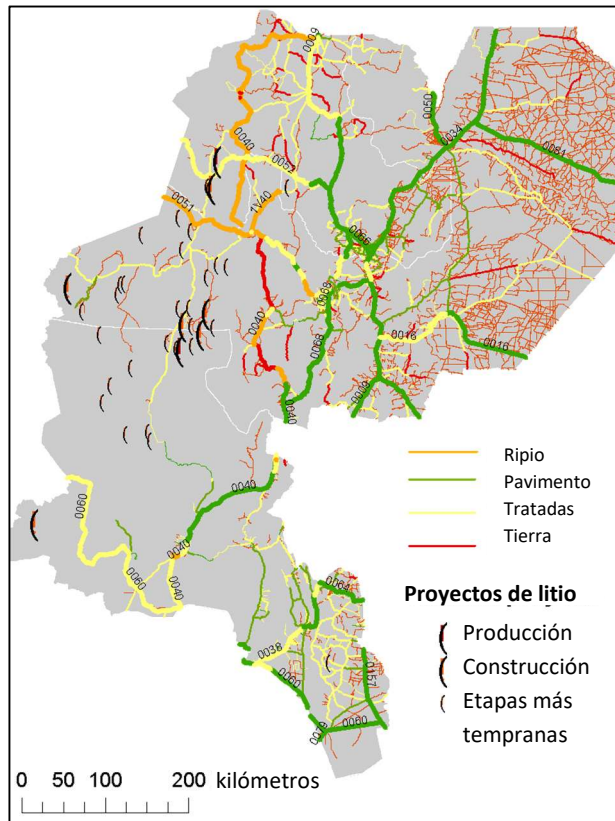
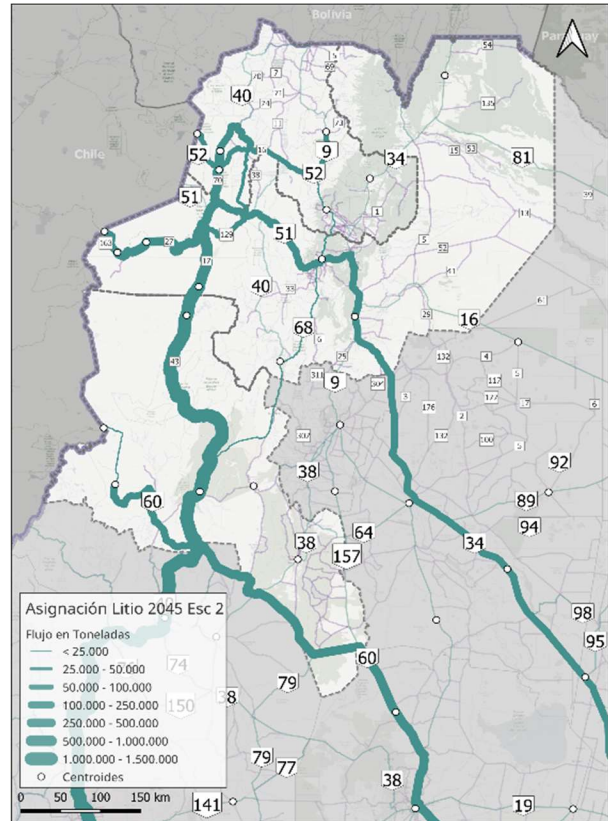


Gráfico 6: Los mayores volúmenes relacionados con el sector del litio en 2045 se transportarán por las RN 34, 51, 52, 17 y 43, algunas de las cuales actualmente son caminos menores sin pavimentar.

a. La mayoría de las rutas y caminos secundarios están sin pavimentar en las áreas de minería de litio



b. Volúmenes previstos relacionados con el litio (toneladas)



Fuente: Estimaciones del equipo del estudio

Beneficios potenciales hacia otros sectores

El desarrollo de la industria del litio en el NOA generará varios efectos positivos, y posiblemente algunos negativos, en muchos sectores. Entre los más evidentes se encuentra el impacto que tendrá el aumento del tráfico sobre la infraestructura regional y, en particular, sobre su red vial. Debido al fuerte aumento esperado en el tráfico vial hacia y desde las minas, junto con los crecientes riesgos climáticos, las necesidades y los costos de mantenimiento vial en las tres provincias del NOA aumentarán significativamente. El costo adicional de conservación para absorber el impacto de los excesos de carga en la red vial nacional oscila entre USD 5,35 millones y USD 12,48 millones por cada 100 kilómetros, dependiendo de los volúmenes de tráfico y sobrecargas. La red vial provincial también se encarga del transporte de la industria del litio y deberá recibir un mantenimiento periódico para asegurar la calidad del servicio, con una inversión aproximada de USD 71 310 por kilómetro cada 10 años en rutas con un tránsito medio diario anual (TMDA) de 1000 vehículos/día.

El aumento de la circulación de camiones asociado a la mayor producción minera y de litio puede tener un impacto negativo en la seguridad vial, al aumentar el riesgo de accidentes viales. Con más camiones en las rutas, aumenta el riesgo de choques. Esto sucede en particular en áreas donde los caminos son angostos, sinuosos o no están mantenidos adecuadamente. El aumento estimado en la circulación de camiones para 2045 podría provocar 41 muertes de tránsito adicionales, 410 lesiones graves y 820 lesiones leves por año a menos que se lleven a cabo mejoras de seguridad vial en la red vial para optimizar el comportamiento de los conductores, mejorar el cumplimiento de las normas de tránsito y aumentar la disponibilidad de infraestructura segura. En términos

monetarios, en ausencia de medidas de seguridad vial, los impactos en la misma pueden generar un costo a la sociedad equivalente a USD 61 millones por año.

También existen muchas oportunidades para el cambio de modo del transporte vial al ferrocarril en el transporte de cargas, debido a las largas distancias desde el NOA hasta los principales puertos y las recientes inversiones en la red ferroviaria. Este cambio no es exclusivo del litio, sino que también la producción de cobre podría verse beneficiada, por ejemplo: se estima que el 51 % de la carga de este sector podría trasladarse al ferrocarril para 2045. Para que esto sea posible, es importante mejorar las conexiones ferroviarias con las zonas de producción minera, pero también la multimodalidad camión-tren, que es fundamental para la conectividad de última milla. Para mitigar los efectos perjudiciales de los camiones de transporte pesado de minerales en las rutas, incluido el deterioro de las mismas, los accidentes, la fatiga del conductor, el transporte de mercancías peligrosas y las emisiones de gases de efecto invernadero, es fundamental establecer los ferrocarriles como una alternativa viable para el transporte de larga distancia de minerales y derivados. Mediante la transición del transporte vial al ferrocarril, donde los camiones operen únicamente entre las minas y los nodos de transbordo, se podrán resolver estas inquietudes de manera efectiva.

La expansión de la industria minera en la región creará desafíos en sectores como la extracción de agua, ya que definitivamente aumentarán los volúmenes de agua requeridos para la producción minera y la operación de las instalaciones asociadas. Otros sectores, como el turismo, absorberán las ventajas y desventajas: se beneficiarán de las mejoras de la infraestructura, pero también experimentarán una mayor congestión de camiones y posibles impactos en el paisaje. Sin embargo, los beneficios que la población del NOA puede obtener de un desarrollo bien planificado de estos sectores son enormes, incluido el crecimiento del sector de la construcción, la mejora del mercado laboral, la expansión de la economía regional y la reducción de los niveles de pobreza, entre muchos otros.

¿Qué debe hacerse?

Para alcanzar el futuro promisorio de la industria del litio en el NOA (que puede llegar a quintuplicarse en los próximos 10 años) y lograr un proceso expansivo que sea beneficioso para otras industrias relevantes para el conjunto de la región, se requiere un enfoque territorial del desarrollo del NOA que priorice los beneficios en varias actividades económicas y tenga como objetivo optimizar un cambio de modo y considerar la resiliencia de la infraestructura. En este análisis se identifican una serie de recomendaciones de medidas en materia de políticas e infraestructura (cuadro 1):

Cuadro 1: Para abordar las necesidades de los sectores productivos clave del NOA, se necesitan intervenciones políticas/regulatorias y de infraestructura

	Recomendaciones de infraestructura	Autoridad a cargo	Complejidad técnica	Costos de inversión (alto/medio/bajo)	Necesidad de financiamiento de IFI
1	Mejorar la calidad de las rutas sobre la base de una evaluación de factibilidad detallada, de las rutas principales (RN 34, 9, 51 y 52; RP 70, 17, 27 y 129)	Dirección Nacional de Vialidad Direcciones Provinciales de Vialidad	Bajo	Alto	X
2	Actualizar los enfoques de mantenimiento vial para contemplar las mayores cargas previstas para la industria minera	Dirección Nacional de Vialidad Direcciones Provinciales de Vialidad	Bajo	Bajo	
3	Rehabilitar y modernizar el ramal C14 del ferrocarril Belgrano en base a un estudio de factibilidad detallado para que todas las estaciones se encuentren operativas y logren una capacidad de carga anual de al menos 400 000 t/año	ADIF	Alto	Alto	X
4	Desarrollar nodos multimodales eficientes (líneas ferroviarias dedicadas; acceso vial, capacidad de carga/descarga; seguimiento de carga; medidas de seguridad de la carga)	Ministerio de Transporte	Moderado	Bajo	X
5	Modernizar el nodo logístico General Güemes (andenes, carga de trenes, disponibilidad de almacenamiento, conectividad dentro del área más amplia)	ADIF, DNV	Moderado	Alto	X
	Recomendaciones sobre políticas y regulaciones	Autoridad a cargo	Urgencia	Complejidad regulatoria	Se requiere asistencia técnica
6	Utilizar enfoques para la asignación de prioridades de inversión en toda la red de transporte a fin de identificar cómo cerrar las brechas significativas en el acceso vial, especialmente en las rutas provinciales y terciarias	Direcciones Nacionales y Provinciales de Vialidad	Alto	Moderado	X
7	Utilizar planes de inversión plurianuales para asignar las inversiones a la red vial	Direcciones Nacionales y Provinciales de Vialidad	Alto	Moderado	
8	Fortalecer las capacidades de las Direcciones Provinciales de Vialidad	Autoridades Nacionales y Provinciales	Alto	Bajo	
9	Incrementar los presupuestos de mantenimiento vial a nivel nacional y provincial	Ministerio de Economía Gobiernos provinciales	Alto	Moderado	X
10	Fomentar el crecimiento de la logística y otros proveedores de servicios	Autoridades Provinciales	Moderado	Bajo	
11	Identificar el modelo futuro para la provisión de servicios	Ministerio de Transporte	Alto	Alto	X
12	Promover la creación de puertos secos	Ministerio de Transporte	Alto	Bajo	

13	Colaborar con el sector privado para desarrollar mano de obra calificada	Autoridades Provinciales, Cámaras de Minería, Autoridades Nacionales	Alto	Bajo	
14	Asegurar que las tramitaciones aduaneras sean eficientes y capaces de responder a crecientes volúmenes de exportación	Aduana Nacional	Moderado	Bajo	X

1. Corredores económicos transformadores del noroeste argentino

1.1. Promoción del enfoque sobre el litio

1.1.1. Rol en las vías mundiales de descarbonización

A nivel mundial, se prevé que el proceso de descarbonización implique un uso intensivo de los recursos minerales, donde el litio desempeñará un rol fundamental como insumo en la producción de baterías de iones de litio, que se utilizan principalmente en la industria de la electromovilidad y el almacenamiento de energía renovable. Las baterías de iones de litio son esenciales para los vehículos eléctricos y el almacenamiento de energía renovable y las ambiciones de descarbonización a nivel mundial están aumentando la demanda y los precios, debido a la vital importancia que tendrán la movilidad eléctrica y el almacenamiento de energía para alcanzar los objetivos de reducción de emisiones netas de carbono cero para 2050. En la primera mitad de 2022, el registro mundial de vehículos eléctricos para pasajeros aumentó un 42 % interanual, con un total de 6,23 millones de unidades, frente a los 4,40 millones de unidades de la primera mitad del año anterior. Las ventas de vehículos eléctricos del 75 % en Asia Pacífico impulsaron este crecimiento fuertemente. Esto se vio acompañado por un aumento de 118 % en la capacidad de almacenamiento (vatios-horas) (Adamas Intelligence, 2022). En los vehículos eléctricos se necesitan baterías de litio para acumular la energía que los impulsa; estas baterías para uso móvil deben ser livianas, tener alta densidad energética y soportar muchos ciclos de carga y descarga (esencial para alargar su vida útil). En la primera mitad de 2022, la adopción de celdas fosfato de hierro y litio para la fabricación de baterías (que no contienen níquel y ofrecen menor densidad de energía, pero a costos más bajos), aumentó un 237 % en vatios-hora en comparación con el primer semestre de 2021. Si bien existe la posibilidad de reciclar litio para la fabricación de baterías, actualmente solo el 1 % del litio utilizado en la fabricación de baterías proviene de esta fuente.

La industria del litio experimentará una expansión sin precedentes en los próximos años, lo que pondrá a prueba sus capacidades de producción y requerirá, además de nuevos proyectos mineros, mejoras significativas en la eficiencia de los procesos de extracción, transporte y distribución. Se espera que la cadena de valor del litio se multiplique por diez en solo una década (2020-2030). En la primera mitad de 2022, se utilizaron 117 200 toneladas de carbonato de litio equivalente (LCE) en todo el mundo en las baterías de todos los vehículos eléctricos de pasajeros recién vendidos, un 76 % por encima del volumen registrado en el mismo período de 2021. Actualmente, la capacidad de producción mundial se sitúa en alrededor de 500 000 toneladas de LCE. Para 2030, se necesitarán más de 1,3 millones de toneladas de LCE para satisfacer la demanda esperada³, casi tres veces la disponibilidad actual (Schteingart y Rajzman, 2021). Esto demuestra la gran transformación que ya se necesita en los próximos cinco a diez años. La creciente demanda de litio incrementó el precio de los compuestos de litio de 2015 a 2018 y, después de una fuerte caída, el precio comenzó a recuperarse a partir de 2020. En el contexto del NOA y su abundancia de otros minerales además del litio, es importante advertir que, **a pesar del rol crítico que desempeña el litio en la transición global hacia una sociedad 'postcombustible', el mercado del litio en este momento sigue siendo un nicho en el mercado mundial de minerales**, incluidos los minerales que son esenciales en los esfuerzos mundiales de

³ Más de 1,8 millones de toneladas de acuerdo con otras fuentes como COCHILCO (2021).

descarbonización. Por ejemplo, en 2020, el mercado del cobre (USD 123 475 millones) fue 48 veces más grande que el mercado del litio (USD 2567 millones)⁴.

1.1.2. *Posible cambio de paradigma para Salta, Catamarca, Jujuy y Argentina en general*

Las actividades económicas de Argentina están altamente concentradas en Buenos Aires y las zonas del centro y el litoral. Más de un tercio de la población vive en el Área Metropolitana de Buenos Aires, donde también se encuentran aproximadamente un tercio de todas las empresas. El Complejo Portuario de Buenos Aires concentra el 83 % del manejo de contenedores en el país (Banco Mundial, 2021). Alrededor del 91 % de la carga aeroportuaria total circula por el Aeropuerto Internacional de Ezeiza en Buenos Aires, y los mayores flujos de carga y pasajeros se encuentran en el corredor que conecta Buenos Aires con Rosario y Córdoba, donde se concentra gran parte de la población del país y la principal actividad económica.

Argentina es uno de los países con mayores recursos de litio a nivel mundial, y este activo podría convertirse en un motor de crecimiento para el país y, en especial, para las provincias ricas en litio (Banco Mundial, 2022a). Argentina pertenece al llamado “triángulo del litio”, área geográfica que comparte con Chile y Bolivia y concentra el 29 % de la producción mundial, el 54 % de las reservas y el 58 % de los recursos identificados en todo el mundo (USGS 2021). El litio proviene de recursos minerales que pueden encontrarse en la roca o en salmueras de salinas de altura, como es el caso de las minas que exportan litio desde Argentina. El litio para baterías posee una pureza muy alta (al menos 99,5 %) y es a lo que se aspira en la producción de Argentina. Los recursos de litio se concentran en tres provincias del NOA: Catamarca, Jujuy y Salta, que representan aproximadamente el 22 % de los recursos mundiales de litio, pero solo entre el 6 % y el 8 % de la producción mundial. Los recursos de litio del NOA representan 19 millones de toneladas, según el Banco Mundial, mientras que se estima que las reservas de litio ascienden a 2,2 millones de toneladas.

El litio argentino es de muy alta calidad, con menor nivel de impurezas (en particular, magnesio) en los salares, por lo que el costo de procesamiento es menor⁵. El litio es una industria nueva para Argentina; sin embargo, incluso con solo dos proyectos en producción, es el cuarto productor a nivel mundial y es posible que en los próximos años supere a Chile, cuya producción asciende a 180 000 toneladas por año con dos proyectos. En la primera mitad de 2022, el 59 % de todas las unidades LCE desplegadas a nivel mundial operaron a base de carbonato de litio y el 41 %, utilizaron hidróxido de litio (Adamas Intelligence, 2022). Ambas variedades químicas están disponibles en las salmueras de litio de la Puna argentina.

Si bien los proyectos de inversión y producción en las provincias ricas en litio se encuentran en una etapa incipiente, el Informe sobre el clima y el desarrollo del país (CCDR) para Argentina, recientemente finalizado, revela que la cadena de valor del litio podría convertirse en un motor de crecimiento para el país y, especialmente, para determinadas provincias (Banco Mundial, 2022a). Argentina podría desarrollar aún más el grueso de la cadena de valor del litio, excepto parte del *midstream* que involucra un compuesto fuertemente concentrado en unos pocos productores. La ventaja comparativa revelada (VCR) de Argentina en carbonatos de litio es particularmente alta, y posee una participación en las exportaciones que supera 50 veces el promedio mundial. Si bien la VCR de los metales alcalinos distintos del sodio es relativamente baja, poseen la tasa de crecimiento de exportación anual compuesta más alta de los productos asociados a vehículos eléctricos en los

⁴ Cálculo con base en los datos del Banco Mundial (precio del cobre), Comtrade (precio del carbonato de litio) y los resúmenes de los productos básicos minerales de la encuesta geológica de los Estados Unidos (cantidades) (*Mineral Commodities Summaries of the United States Geological Survey*). Nota: El costo de extracción del cobre es mayor, con mayores inversiones y costos operativos.

⁵ Entrevista con CAEM el 16 de diciembre de 2022.

que Argentina es competitiva. El CCDR concluyó que, para 2030, la inversión en plantas de litio y en paquetes y celdas de baterías podría generar un aumento del PNB del 0,41 % al 0,73 % a nivel nacional, aumentos en los ingresos fiscales y crecimiento del empleo. A nivel provincial, el PNB podría aumentar en más del 10 % en cada una de las provincias del Triángulo de Litio, los ingresos fiscales podrían incrementarse en alrededor del 10 %, y el empleo podría aumentar hasta un 6,5 % en Catamarca.

1.1.3. *Un abordaje de corredor económico para el NOA*

A través de los corredores de transporte, las áreas de una región se conectan físicamente, mientras que los llamados corredores económicos integran las actividades económicas de la región. Los corredores económicos o, en su etapa más avanzada, los corredores de desarrollo, suelen tener tres componentes complementarios: un corredor de transporte, centros de producción y ciudades. El corredor de transporte es la columna vertebral del corredor económico: define ampliamente el espacio geográfico del corredor y facilita la circulación de bienes y servicios. En los centros de producción, a menudo orientados a la manufactura y los bienes industriales, se fabrican productos tanto para el consumo en la región aledaña como para el comercio internacional. Las ciudades conectadas por el corredor representan mercados importantes para el consumo y brindan una fuente fundamental de mano de obra, tecnología e innovación necesarias para impulsar el crecimiento económico (Mitra y otros, 2016). En los corredores económicos más orientados a la manufactura, los principales beneficios provienen de las economías de escala, la difusión de conocimientos y la vinculación de cadenas de valor complementarias para poder producir bienes de mayor valor agregado.

Es poco probable que el desarrollo exitoso de un corredor económico se base únicamente en la inversión pública; el rol del sector público y de la inversión pública en el desarrollo de corredores económicos se enfoca preferentemente en maximizar el multiplicador de inversión privada por unidad de inversión pública. Una alianza eficaz con el sector privado, a su vez, requiere varias consultas entre los sectores público y privado, tanto *upstream* como *downstream*, en la planificación y la implementación (ADB, 2014).

La conectividad física, como la que proporciona un corredor vial o ferroviario, representa solo una dimensión del desarrollo integrado de una región. En los corredores económicos se debe asumir un enfoque integral para tener éxito y garantizar que el desarrollo no solo se concentre en las grandes ciudades situadas a lo largo de los mismos, sino que la inversión y el desarrollo económico se extiendan a ciudades más pequeñas y áreas subdesarrolladas en los alrededores. Por lo tanto, la transformación de las conexiones del transporte en corredores económicos que promuevan el comercio requiere la "ampliación" de los mismos: al expandir y completar la base de la infraestructura, establecer instalaciones de transporte multimodal e intermodal y promover el desarrollo logístico, así como un desarrollo más intensivo del área alrededor de los corredores, con fortalecimiento de las capacidades en los centros económicos productivos. En resumen, los corredores económicos son iniciativas de desarrollo centradas en la geografía, mediante las cuales se busca atraer inversiones y generar actividad económica dentro de una región contigua, con base en un sistema de transporte eficiente.

Gráfico 7: Un sistema de transporte eficiente y políticas complementarias para atraer inversiones y actividad económica redundan en beneficios para la ruta del corredor económico/de desarrollo



Fuente: Adaptado de Gálvez Nogales (2014)

Por otro lado, el desarrollo de corredores económicos puede provocar impactos heterogéneos en diferentes grupos poblacionales y regiones, dependiendo de sus condiciones iniciales y otros factores. Alam y otros (2022) analizaron la medida en que los proyectos de corredores de transporte financiados por bancos multilaterales de desarrollo están asociados con la actividad económica local, mediante aproximación, por la intensidad de las luces nocturnas, y concluyeron que el aumento de la luz nocturna en el corto a mediano plazo fue mayor en los corredores con un alcance geográfico más amplio. En los estudios de evaluación de los corredores de transporte también se han documentado efectos perjudiciales en los resultados de la calidad ambiental y la desigualdad espacial entre las regiones subnacionales, a pesar de los impactos promedio positivos generales (véase Roberts y otros, 2020). Mediante el análisis de los impactos esperados en el bienestar a partir de los “paquetes” de corredores alternativos en la región de África Occidental sin salida al mar, se determinó que las ganancias reales de ingresos serían de 5 a 6 veces mayores en el Distrito que ganará más en comparación con el Distrito que ganará menos; los Distritos con alto potencial para producir bienes comerciables y aquellos que estén bien conectados a los corredores troncales serán los más beneficiados (véase Banco Mundial, 2019a). En el caso de la amplia Iniciativa del Cinturón y la Ruta (BRI) de China, que conecta muchos países de Asia Central a través de miles de kilómetros de rutas y vías férreas, se espera que el desarrollo del corredor económico genere aumentos de ingresos reales de entre 1,2 % y 3,4 %, dependiendo del país. Sin embargo, para algunos países, las reformas son una condición previa para obtener ganancias netas de los proyectos de transporte asociados a la BRI: los ingresos reales para las economías del corredor podrían ser de dos a cuatro veces mayores si se implementan reformas para reducir las demoras en las fronteras y aliviar las restricciones comerciales (Banco Mundial, 2019b). En resumen, además de las inversiones en infraestructura de transporte, mediante las políticas complementarias se pueden expandir los beneficios económicos de los corredores de transporte y también compensar a los posibles "perdedores" (Arun y Duhaut, 2022).

El Banco Mundial ha apoyado varias iniciativas de corredores económicos (proyectos de inversión y asistencia técnica) en los últimos años en diferentes escalas y contextos. En estrecha colaboración con los gobiernos de los seis países y la Secretaría de Integración Económica Centroamericana, Stokenberga y otros (2022) exploraron el potencial para desarrollar corredores económicos transfronterizos en la región de Centroamérica, mediante el enfoque tanto en corredores de producción manufacturera como agrícola y la identificación de las inversiones necesarias en infraestructura de transporte, infraestructura complementaria y políticas complementarias (relacionadas con servicios de transporte, cruces fronterizos y otros). En el marco de los programas de financiamiento para inversiones del Banco Mundial se ha adoptado cada vez más el enfoque del corredor económico también en contextos particularmente frágiles, como lo demuestra la iniciativa del Corredor Económico Regional del Cuerno de África, entre otros.

Mediante un enfoque de "corredor económico" para desarrollar la cadena de valor del litio, aplicado con éxito en otros sectores y partes del mundo, se pueden abordar las diversas necesidades y riesgos potenciales

de manera integral y consistente. Además, en sectores que ya se encuentran en etapas más avanzadas de desarrollo en Argentina pero que tienen un mayor potencial en las provincias del NOA, como otros tipos de producción agrícola y minera (incluidos los productos de alto valor), la aplicación del enfoque de planificación de corredores económicos puede asegurar que los impactos del desarrollo se compartan de la manera más amplia posible.

1.2. Contexto socioeconómico de la región noroeste de Argentina

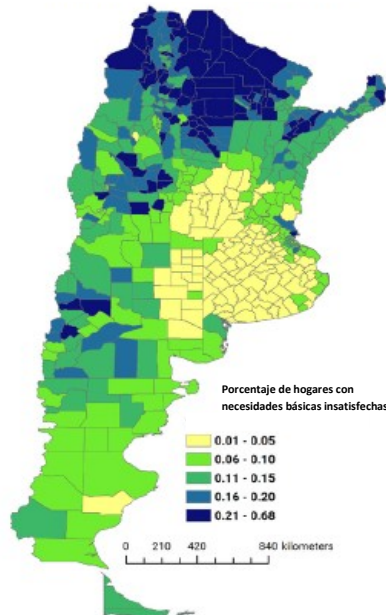
Si bien es baja en términos absolutos, la incidencia de la pobreza en el NOA⁶ es del 25,4 %, la más alta de Argentina, y casi la mitad de los hogares del municipio de Salta, en la provincia homónima del NOA, tienen necesidades básicas insatisfechas (Banco Mundial, 2020). A pesar de la rápida urbanización que ha experimentado en las últimas dos décadas, la contribución del norte al PNB nacional todavía está muy por debajo de su proporción poblacional. El norte alberga al 21 % de la población, pero aporta solo el 10 % del PNB nacional y el 7 % de las exportaciones totales (INDEC, 2016).

Uno de los factores que obstaculizan la prosperidad del NOA es su baja densidad demográfica, combinada con la lejanía de los principales centros económicos y poblacionales, y una red de transporte deficiente. Con un índice que oscila entre 3,5 (Catamarca) y 12,7 (Jujuy) habitantes por kilómetro cuadrado, según el Censo de 2010, la región del NOA está escasamente poblada. Por lo tanto, las provincias del NOA tienen un acceso más limitado a los centros de consumo urbano de tamaño significativo (los tiempos de viaje a una ciudad de más de 50 000 habitantes superan las tres horas en gran parte del área), y se estima que el acceso a los mercados es muy bajo en comparación con el resto de las provincias de Argentina (Banco Mundial, 2020). La luz visible total emitida desde la superficie de la Tierra durante la noche es un indicador comúnmente utilizado para la actividad económica local en la bibliografía (véase, por ejemplo, Henderson y otros, 2012). En el NOA, este indicador se alinea bastante con la distribución de la población, con solo unos pocos focos de alta luminosidad nocturna concentrados en las ciudades capitales de las tres provincias y un pequeño número de otras localidades, principalmente al este de la región (véase el gráfico 9).

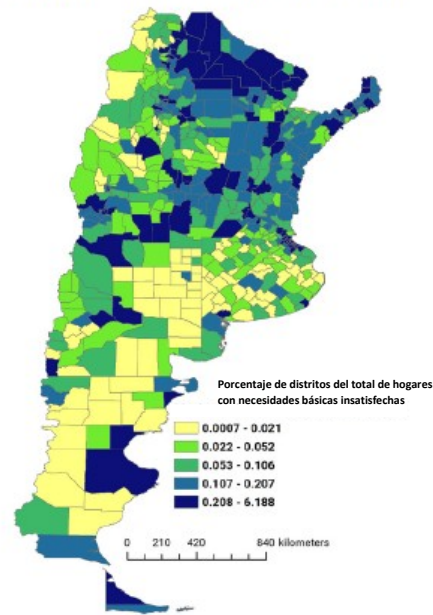
Gráfico 8: *El NOA registra la mayor incidencia de hogares con necesidades básicas insatisfechas de Argentina*

⁶ La región del noroeste (NOA) abarca las siguientes provincias: Catamarca, Jujuy, La Rioja, Salta, Santiago del Estero y Tucumán.

a. Lugares pobres: porcentaje de hogares de distritos con necesidades básicas insatisfechas



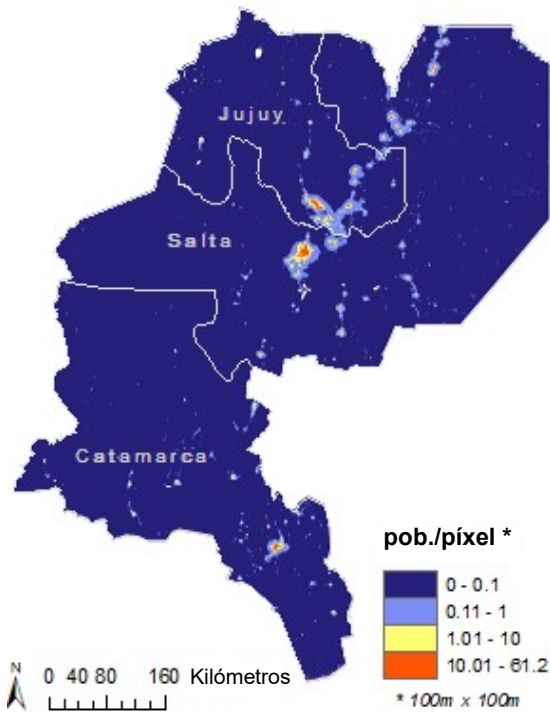
b. Lugares pobres: porcentaje del número total de personas pobres en Argentina que viven en cada distrito



Notas: Hogares con necesidades básicas insatisfechas según las mediciones del NBI del Instituto Nacional de Estadística y Censos (2010). Fuente: Banco Mundial (2020).

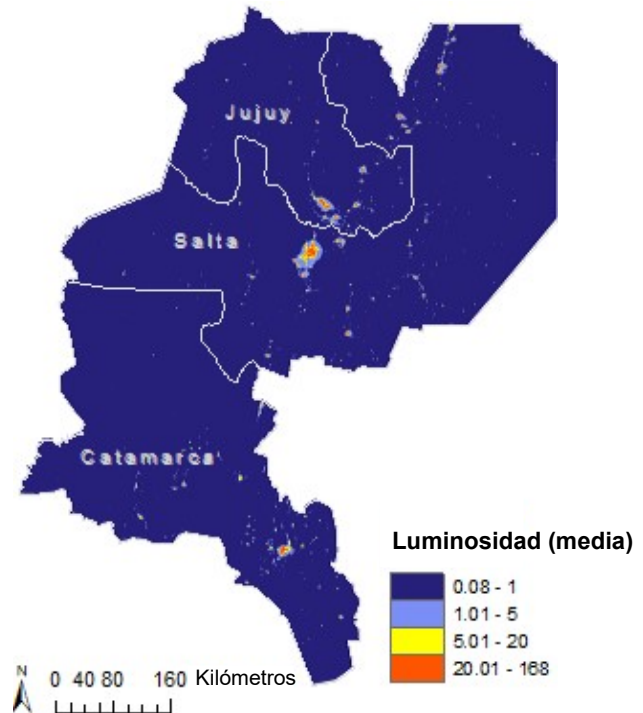
Gráfico 9: La intensidad de la luz nocturna sugiere una concentración de la actividad económica predominantemente en las ciudades capitales del NOA

a. Densidad demográfica en el NOA



Fuente: Población Mundial (2020)

b. Intensidad de la luz nocturna en el NOA

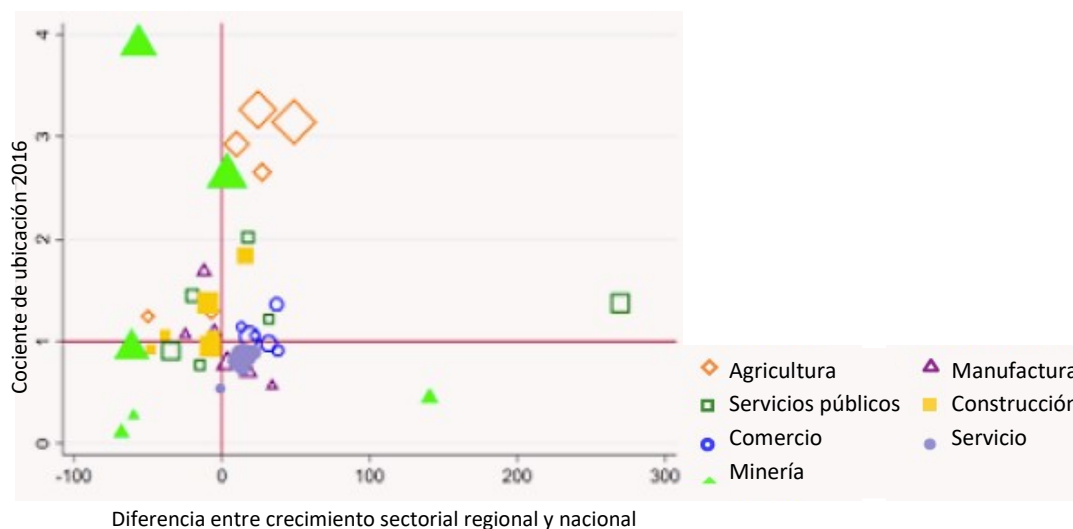


Fuente: Grupo de Observación de la Tierra (2020)

La densidad empresarial es particularmente baja en el norte de Argentina, con solo seis empresas cada 1000 habitantes, y hay un predominio de microempresas que no pasan a conformar grupos de mayor tamaño. Las provincias de Salta y Jujuy registran una densidad empresarial menor que el promedio nacional, con 6 y 5 empresas cada 1000 habitantes, respectivamente. Debido a las largas distancias y la menor actividad económica en el norte, solo el 25 % de la carga que viaja de norte a sur regresa directamente al NOA, ya sea con insumos o productos terminados (Ministerio de Transporte de Argentina, 2017)⁷. Además, en la ciudad capital de Salta, la proporción de empresas informales es del 45,1 %. Alrededor del 64 % de las micro, pequeñas y medianas empresas (pymes) en el NOA se dedican a la agricultura y abastecen directamente al mercado interno o a corporaciones más grandes con potencial de exportación (Banco Mundial, 2020). La especialización a nivel regional y de ciudades en las provincias del norte es limitada y se vuelve cada vez más limitada con el tiempo, lo que plantea desafíos de conectividad que se traducen en altos costos logísticos.

En términos de empleo, si bien la tasa de participación laboral en el NOA es inferior al promedio nacional (43,6 % versus 44,6 %), el desempleo también es menor (5,6 % versus 6,9 %). Sin embargo, el número de trabajadores que desean cambiar de trabajo es notablemente mayor, con un 21,6 % en el NOA frente a un 16,3 % a nivel nacional (INDEC, 2022). Los empleos en el sector minero representan el 5,5 % de todos los empleos del sector privado en Catamarca, el 4,9 % en Jujuy y el 2,9 % en Salta (DTIM-SSDM, 2022). Si nos centramos en el sector del litio, el empleo registró un crecimiento continuo en Argentina hasta el estallido de la pandemia de la COVID-19, y pasó de 886 puestos de trabajo en marzo de 2017 a 1606 en marzo de 2020, casi duplicándose en 3 años. No obstante, las cifras se estancaron en los meses sucesivos, con 1581 puestos de trabajo en marzo de 2021 (Secretaría de Minería, 2022a).

Gráfico 10: Los sectores de la agricultura y la minería se encuentran entre los principales motores de empleo en las provincias del NOA⁸



Fuente: Banco Mundial (2020).

El Gobierno de Argentina ha tomado medidas importantes para garantizar un desarrollo territorial más equilibrado, aunque hasta ahora con resultados limitados sobre el terreno. Para abordar las variaciones en

⁷ Ministerio de Transporte de la República Argentina (2017). Estudio nacional del flujo de carga. Buenos Aires, Argentina

⁸ Un valor de cociente de ubicación por debajo de 1 indica que la proporción de empleo en ese sector es mayor en el NOA en relación con todo el país.

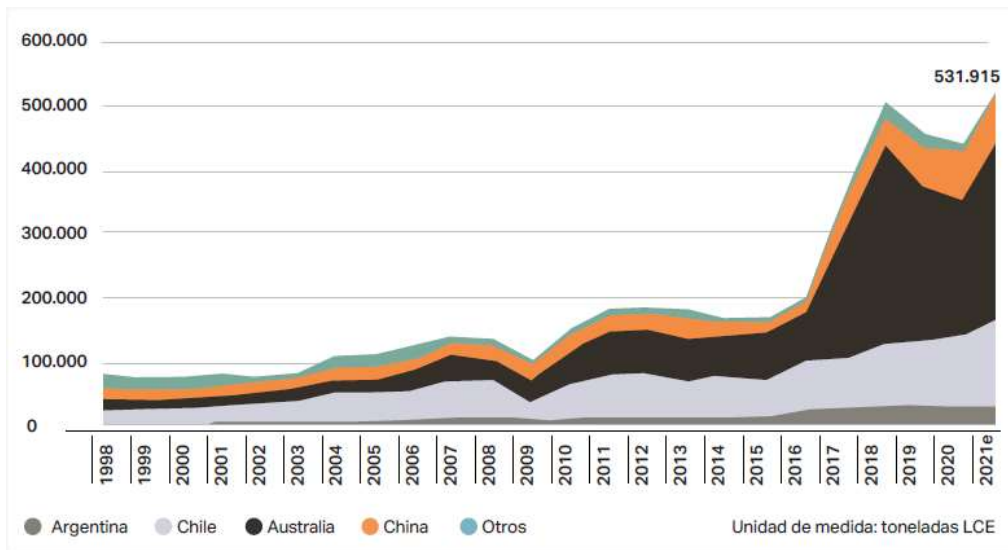
las políticas de planificación entre provincias y municipios, el Gobierno Federal lanzó la Política Nacional de Desarrollo y Ordenamiento Territorial en 2003, que proponía una visión estratégica para destinar inversiones al territorio. En la última versión (2016) se definen tres áreas de trabajo: i) áreas de intervención (o áreas rezagadas); ii) corredores de conectividad, y iii) sistema urbano policéntrico (Gobierno de Argentina, 2016). Sin embargo, en el marco del Plan Estratégico Territorial se ha avanzado relativamente poco hacia el logro de sus objetivos, dado que los planes de inversión se implementan a discreción de las provincias, que no han recibido, al igual que los municipios, herramientas normativas o instrumentos financieros para la implementación de dichos planes (Muzzini y otros, 2016). Para fomentar la coordinación entre ministerios en las regiones rezagadas del norte y ejecutar las prioridades del plan territorial, se ha brindado apoyo a las provincias del NOA durante las últimas dos décadas⁹ a través de diferentes iniciativas dirigidas a la Región Norte Grande más amplia. Mediante el Programa de Desarrollo e Integración del Norte Grande de 2004, que contó con el financiamiento de socios internacionales en la tarea del desarrollo, se apoyó la realización de proyectos de infraestructura, energía y telecomunicaciones. Este último se convirtió en el Plan Belgrano lanzado en 2016 con inversiones por un valor de USD 16 000 millones en transporte vial, ferroviario y aéreo, inversiones en educación, e incentivos laborales y fiscales para atraer inversiones a la región, entre otras prioridades. A nivel provincial, Salta concentra el 12,89 % y el 12,63 % de las inversiones del Plan Belgrano (Secretaría de Integración Productiva, 2018).

2. La cadena de valor del litio

Aunque Argentina concentra el 22 % de los recursos mundiales, su participación actual en la producción mundial es solo del 8 % (Banco Mundial, 2022a). Frente a las reservas estimadas de litio de 2,2 millones de toneladas, actualmente solo se producen 6200 toneladas de litio. De todos modos, la producción ha aumentado constantemente durante la última década, y se ha duplicado entre 2010 y 2020 (gráfico 11). Entre 2015 y 2018, los presupuestos exploratorios destinados al litio crecieron un 928 %. Este impulso a la exploración permitió consolidar recursos (de inferidos a medidos) y reservas (de probables a probadas), y así avanzar en estudios económicos previos y factibilidad de proyectos de inversión. Las exportaciones de litio en 2016-19 proporcionaron a Argentina entre USD 190 millones y USD 275 millones por año. Las exportaciones de litio en 2022 crecieron un 234 % interanual, alcanzaron un total de USD 696 millones y representan el 18 % de las exportaciones mineras totales (SIACAM, 2023). Se espera que los proyectos en desarrollo permitan al país satisfacer el 17 % de la demanda mundial para 2030, con exportaciones por un valor de entre USD 2000 millones y USD 3500 millones por año (Schteingart y Rajzman, 2021).

Gráfico 11: A pesar de su potencial significativamente mayor, Argentina produce solo el 8 % del litio mundial

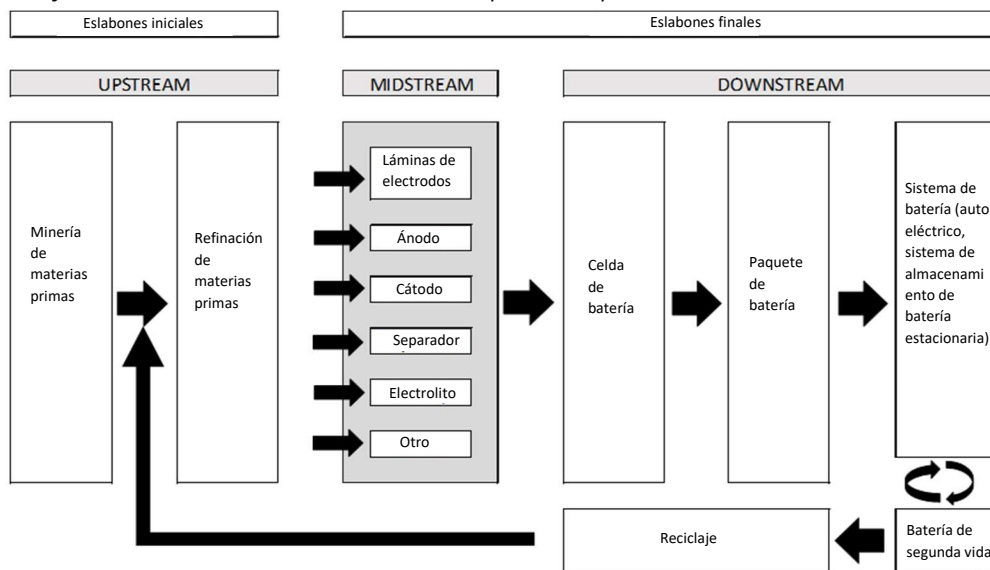
⁹ El Banco Mundial está trabajando con el Gobierno de Argentina y las provincias del Norte Grande en la visión de la próxima generación de apoyo al Norte Grande.



Fuente: Freytes y otros. (2022)

La cadena de valor mundial del litio consiste en una compleja serie de procesos que giran en torno al principal uso final que se le asigna actualmente a este mineral: la fabricación de baterías para vehículos eléctricos. Se puede dividir en siete fases, que comprenden desde la extracción hasta el reciclaje de las baterías de iones de litio (gráfico 12). Estas etapas son (Kelly y otros, 2021): 1) extracción y concentración del recurso natural en depósitos de litio; 2) procesamiento de litio para obtener productos químicos de litio para baterías; 3) producción de polvo de cátodos a través del procesamiento de productos químicos; 4) fabricación de celdas de iones de litio mediante la combinación de polvos de cátodos y otros componentes; 5) fabricación de paquetes de baterías¹⁰ y vehículos eléctricos; 6) mercado de vehículos eléctricos, y 7) reciclaje o disposición de baterías de iones de litio.

Gráfico 12: Eslabones de la cadena del litio en el proceso de producción de baterías de iones de litio



Fuente: Banco Mundial (2022a).

¹⁰ Se fabrican mediante el ensamblaje de celdas de iones de litio en módulos, que a su vez se combinan para formar un paquete.

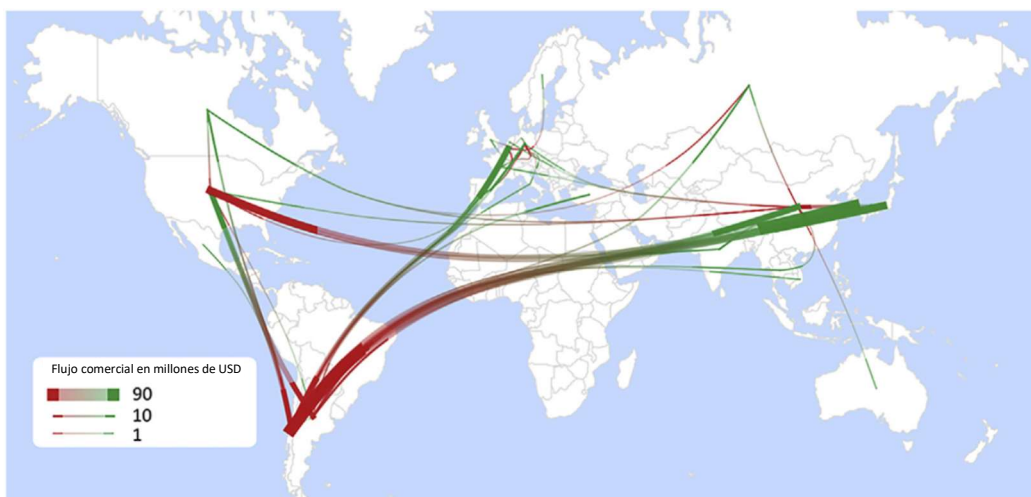
Existen diferentes tipos de baterías en el mercado, que presentan diferencias en los metales que componen el baño catódico, que es el componente más sofisticado y costoso de una batería. Una batería de iones de litio de 60 kilovatios-hora está compuesta por aproximadamente 66 kilos de grafito, 44 kilos de aluminio, 41 kilos de hierro, 26 kilos de cobre, 26 kilos de acero y solo 6 kilos de litio; en otras palabras, si bien es esencial para la producción de baterías, el litio representa menos del 3 % del peso total de la batería.

Actualmente, Argentina participa en el segmento *upstream*, que corresponde a las actividades de extracción de litio y producción de carbonato de litio e hidróxido de litio. En la explotación de los salares, no hay límites claros entre estas dos actividades, es decir, la producción de materias primas y el procesamiento intermedio (Weimer y otros, 2019). Por esta razón, en general, las mismas empresas que operan dentro de un área geográfica delimitada llevan a cabo ambas actividades. En algunos casos, sin embargo, el proceso de mejora del carbonato de litio de grado industrial para pasar a un grado de batería se lleva a cabo en otros lugares, más cerca de la producción de cátodos.

El segmento *midstream* corresponde a la producción de componentes de baterías. Entre los componentes principales se encuentran los electrodos (cátodo y ánodo), el electrolito y un separador. La producción de cátodos se concentra principalmente en Asia, que representa casi dos tercios de la producción mundial, donde Sumitomo Chemicals, Hitachi Chemical, LG Chem y Samsung SDI se encuentran entre los principales productores. Sin embargo, Europa y Estados Unidos también cuentan con importantes empresas dedicadas a la producción de cátodos, como BASF, Umicore y 3M. No hay producción de cátodos en los países del triángulo del litio. Dentro de la región latinoamericana, México ha sido capaz de atraer inversiones en esta industria, principalmente gracias a su integración a la red de producción automotriz de América del Norte (Fact.MR, 2019). El segmento *downstream* se asocia con la producción de celdas y paquetes de baterías. Japón, Corea y, especialmente, China tienen una posición dominante en la producción de estos productos. Los países productores de recursos propios de los segmentos *upstream* no llevan a cabo actividades a escala industrial en los segmentos *midstream* y *downstream* (Banco Mundial, 2022a).

Muchos países alrededor del mundo participan en una o varias de estas etapas de la cadena de valor, incluidos Argentina, Australia, Japón, Alemania, China y los Estados Unidos. China se destaca como el único país con una participación significativa en todas las etapas de la cadena de valor del litio (Grant y otros, 2020): consume el 50 % de la cuota mundial de litio, mientras que su producción representa solo el 7 % del total (Olivetti y otros, 2017). Por lo tanto, el país es muy dependiente de las importaciones, las cuales provienen especialmente del continente americano, como se puede apreciar en el gráfico 13. Los países que forman el Triángulo del Litio desempeñan un rol fundamental en el suministro de litio al gigante asiático.

Gráfico 13: Los flujos comerciales mundiales de óxido, hidróxido y carbonatos de litio involucran principalmente a Asia oriental, EE. UU. y Europa.



Fuente: Olivetti y otros (2017); Nota: El ancho de los flujos es proporcional al valor comercial en dólares estadounidenses; los importadores están marcados en verde y los exportadores en rojo. Flujos agregados de óxido e hidróxido de litio, así como carbonatos de litio (no incluye concentrados, que estarían bajo dominio de Australia). No se incluyen los flujos con un valor inferior a USD 1 millón

2.1.1. Proyectos de producción de litio en curso en el NOA

Existen 22 proyectos en el NOA en etapa avanzada de desarrollo y un total de 37 proyectos con inversiones anunciadas (véase el cuadro 2). A noviembre de 2022, solo había dos proyectos que operaban a escala industrial de producción, con una capacidad de producción anual total de poco menos de 40 000 toneladas de LCE (Secretaría de Minería, 2022b):

- **Fénix (Catamarca):** Minera del Altiplano (propiedad de la firma estadounidense Livent), que opera en el Salar del Hombre Muerto desde 1998. Actualmente produce 22 500 toneladas de LCE, que se exportan como carbonato de litio y cloruro de litio (Schteingart y Rajzman, 2021).
- **Olaroz (Jujuy):** Sales de Jujuy, una sociedad en participación entre la firma australiana Allkem (antes Orocobre), la japonesa Toyota Tsusho Corporation y una empresa propiedad de la provincia de Jujuy, Jujuy Energía y Minería Sociedad del Estado (JEMSE). Esta empresa fabrica compuestos de litio en el Salar de Olaroz en Jujuy desde 2015. Tiene una capacidad productiva de 17 500 toneladas de LCE desde 2015, que exporta como carbonato de litio para baterías, un tipo de carbonato de litio que se sintetiza especialmente para aplicaciones en baterías a través de un proceso de refinación (Schteingart y Rajzman, 2021).

Cuadro 2: Proyectos de litio del NOA en diferentes etapas de progreso, con anuncios de inversiones

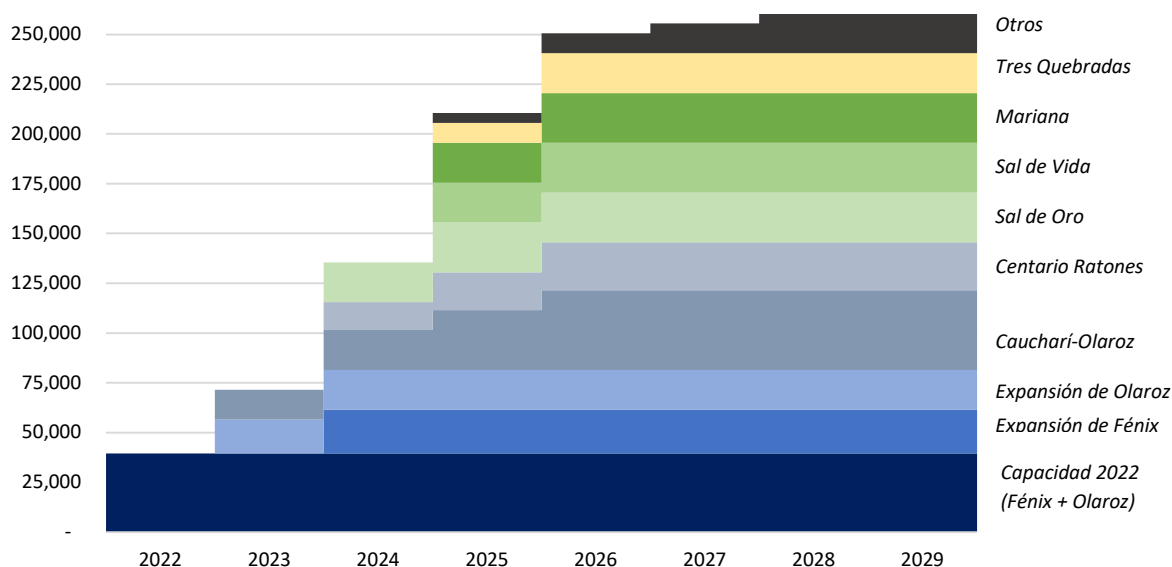
	Salta	Jujuy	Catamarca
Producción	0	1	1
Construcción	2	1	3
Factibilidad	2	0	0
Evaluación económica preliminar	3	0	2

Factibilidad previa	0	2	1
Exploración avanzada	10	1	8

Además de la capacidad de producción existente en Fénix y Olaroz, ya se están realizando inversiones para aumentar la capacidad actual y desarrollar nuevos proyectos. En concreto, con base en los proyectos que ya han recibido la aprobación de los Estudios de Impacto Ambiental para la producción¹¹, la capacidad prevista para los dos proyectos que ya están produciendo aumentará 17 000 toneladas en 2023 (ampliación de Fénix) y otras 25 000 toneladas en 2024 (3000 toneladas adicionales de la expansión de Fénix y 22 000 toneladas de expansión de Olaroz). Además, mediante varios otros proyectos que se encuentran actualmente en desarrollo se agregará un total de 129 000 toneladas por año a partir de 2025, cifra que aumentará aún más hasta 2029 (consulte el gráfico 14). Para 2028-29, la producción anual prevista de litio en el NOA será de unas 220 000 toneladas más que en 2022.

Este aumento anticipado en capacidad y producción requerirá mejoras logísticas en las diferentes etapas de la cadena de valor del litio. Esto implica que dichas mejoras no pueden estar enfocadas únicamente en las áreas mineras, sino también en los demás elementos involucrados en su extracción, transporte, transformación y exportación. El importante potencial de la región implica que otros sectores de gran magnitud o en desarrollo podrán aprovecharlo.

Gráfico 14: Incremento de la producción anual (toneladas de LCE), considerando los proyectos con Estudios de Impacto Ambiental aprobados



Fuente: SIACAM

Si bien el volumen exportado de las operaciones Salar de Olaroz y Salar del Hombre Muerto en 2022 fue similar al de 2021, el aumento significativo de los precios en 2022 generó un crecimiento en el valor exportado de más del 235 %¹². El alza en el precio del litio se debió al aumento en la producción de vehículos eléctricos (cada uno lleva entre 30 kilos y 60 kilos de carbonato de litio como batería). El carbonato de litio

¹¹ Este número puede cambiar a medida que se avance en las presentaciones y aprobaciones de nuevos proyectos hasta llegar a la Declaración de Impacto Ambiental para la etapa de construcción.

¹² Exportaciones de Minerales, [Ministerio de Economía](#).

alcanzó un pico de USD 80 545 en diciembre de 2022, pero se espera que los precios bajen debido a la rápida respuesta de Australia y Chile a la demanda con nuevos proyectos de producción y, en segundo lugar, el posible aumento de la producción de Argentina.

2.1.2. Otros participantes de la cadena de valor del litio y su ubicación

Argentina se concentra en las dos primeras etapas de la cadena de valor del litio (producción de químicos de litio), para lo cual se requieren insumos químicos como reactivos en el proceso de separación. Los principales reactivos utilizados en los métodos de evaporitas en términos de cantidad de material granulado que se debe transportar a las operaciones mineras son: cal y carbonato sódico. En segundo lugar, en términos de cantidad se utiliza soda cáustica (hidróxido de sodio) y ácido sulfúrico, que son transportados como sustancias peligrosas en camiones cisterna. Las cantidades de estas sustancias varían según las características de las salmueras y los procesos químicos realizados.

La cal es un reactivo fundamental para la obtención de litio a partir de salmueras por precipitación en los depósitos de evaporita mediante el proceso convencional del litio. La cal es un producto de roca calcinada, un óxido de calcio, que se comercializa en forma granulada (con diámetros que van de 15 mm a 60 mm) o molida, y que se encuentra a la venta en forma de polvo. Esta es la forma comercial en que se transporta en camiones en *Big Bags* (bolsones) para la producción de litio. En Argentina también se comercializa en forma hidratada: hidróxido de calcio. El carbonato sódico es un insumo necesario para la precipitación del carbonato de litio en reactores a alta temperatura a partir de salmueras mediante el proceso convencional por métodos evaporíticos.

Los volúmenes de cal y carbonato de sodio que se requieren en cada proyecto de litio son de tres a cuatro veces mayores en comparación con el volumen de carbonato de litio producido. Según los informes de requisitos de insumos de los proyectos, se estima que el consumo de cal para la producción de carbonato de litio es de 4 toneladas de cal por tonelada de carbonato de litio. La salmuera se prepara antes de la carbonatación, y el volumen de cal necesario está relacionado no solo con la salmuera que el proyecto de litio ya está procesando, sino también con la salmuera que se procesará en unos meses. Por lo tanto, el volumen de cal utilizado en un proyecto de litio puede ser alto incluso sin producir carbonato de litio¹³. En cuanto al carbonato sódico, en 2016-20 se importaron 2 toneladas de carbonato sódico por cada tonelada de carbonato de litio producido, y se estimó el mismo valor de consumo promedio también para los proyectos de minería de litio que aún no han entrado en operación (SIACAM, 2022).

Actualmente hay cinco sitios operativos de producción de cal en Argentina. La mayor parte de la producción actual de cal, alrededor del 95 % del total del país, se lleva a cabo en la provincia de San Juan, con volúmenes de producción por planta que oscilan entre 73 000 toneladas y 896 075 toneladas en 2023. San Juan cuenta con las mayores reservas de carbonatos de alta calidad del país. Su principal producción tiene lugar en Sarmiento, Albardón, Zonda y Jáchal. Según un relevamiento del Ministerio de Minería de San Juan, existe capacidad instalada para producir hasta 6730 toneladas de cal por día de manera óptima. En el centro más grande, ubicado en La Laja, se producen 1000 toneladas/día; sin embargo, hay más de 100 hornos de cal pequeños y medianos (estructura para producir cal) con capacidades individuales mucho más acotadas. En total, la producción anual de cal en la provincia de San Juan es de aproximadamente 1,20 millones de toneladas, de las cuales unas 375 000 toneladas (31 %) se exportan a Chile¹⁴. El resto de la producción, unas 820 300

¹³ Entrevista con Allkem el 13 de diciembre de 2022.

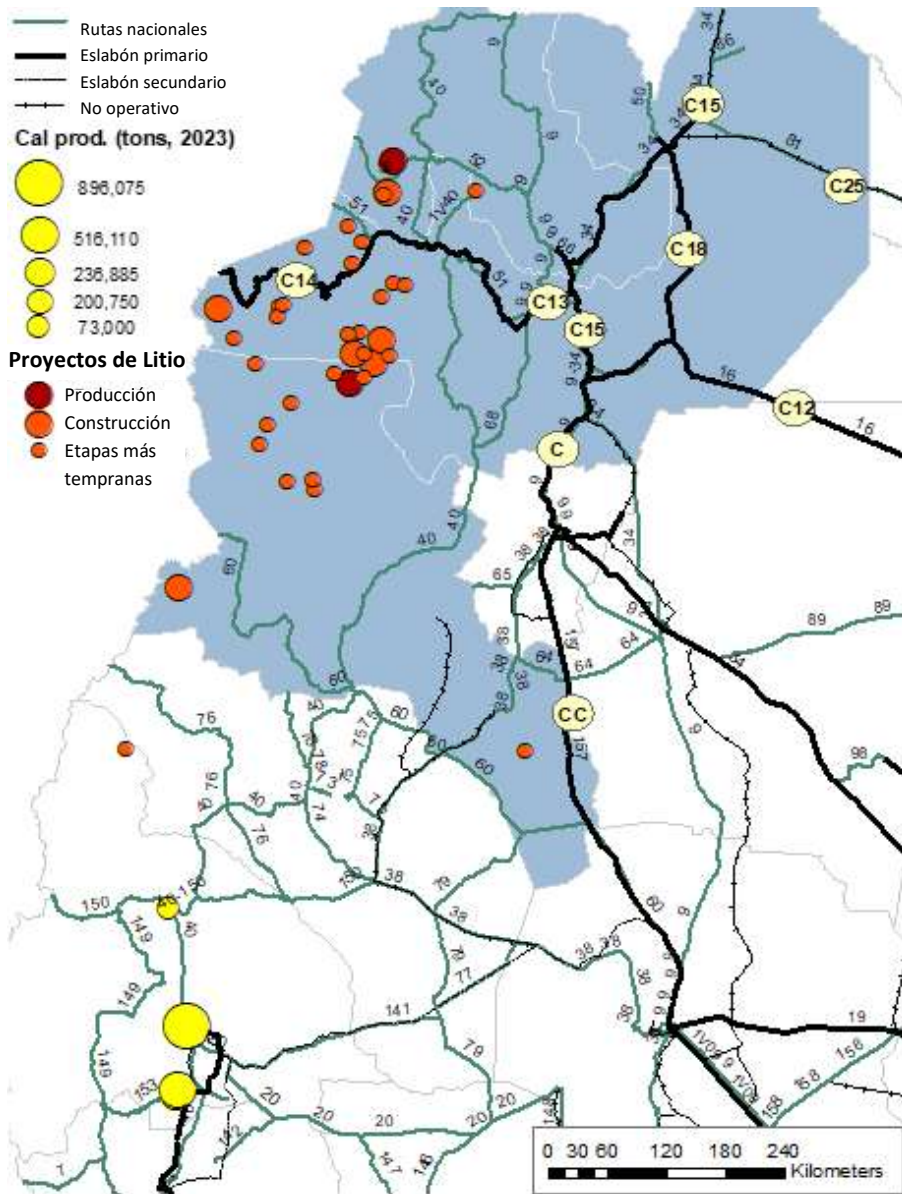
¹⁴ En 2022, las exportaciones de cal desde San Juan registraron un valor de USD 33 millones (SIACAM, 2023).

toneladas anuales, se reservan para el mercado interno, y se destinan mayoritariamente a los sectores de la construcción y siderurgia¹⁵.

Si bien la cal también está disponible en Jujuy, la capacidad disponible de producción local de cal ya no es suficiente (aunque la planta está en fase de expansión) y debe transportarse desde San Juan. En Jujuy, sobre la RN 9, se encuentra ubicada una planta productora de cal que opera desde la década de 1970, y abastece a la industria de la construcción. En la última década, comenzó a abastecer a la industria minera de litio y tiene planes de expansión y mejora en materia de desempeño ambiental. Sin embargo, la cal de San Juan es de mejor calidad (mayor reactividad que la obtenida con la cal de Jujuy) y San Juan también tiene mejores hornos para su procesamiento.

***Gráfico 15:** Los proyectos de cal están conectados por la red vial nacional, pero la mayoría de los proyectos de litio están alejados de ella.*

¹⁵ Página web oficial del Gobierno de la Provincia de San Juan. <https://sisanjuan.gob.ar/mineria/2018-09-22/10143-se-conocieron-las-primeras-estadisticas-de-la-industria-calera-sanjuanina>



Fuente: Compilación realizada por el equipo del estudio con base en Schteingart y Rajzman (2021) y la Secretaría de Minería (2022c)

En cuanto a la generación de empleo de la industria de la cal, existen variaciones estacionales, donde mayo y junio son los meses con mayor número de personas económicamente activas (~700), mientras que en los meses de baja producción, el sector emplea a unas 400 personas. La mayoría de los empleos requieren pocas habilidades.

Aunque China es el principal productor mundial de carbonato sódico, tiene un alto consumo interno y no exporta a otros países. Esto convierte a EE. UU. (Wyoming, Idaho, Utah) en el principal exportador, con 7000 millones de toneladas de carbonato sódico natural vendidas al mundo, seguido de Turquía, Bulgaria y

Rusia¹⁶. En 2016-2020, las empresas mineras de litio de Argentina importaron 337 900 toneladas de carbonato sódico, es decir, el 34 % de las importaciones totales de este compuesto químico, a alrededor de USD 298 por tonelada. En 2022 se consumieron en Argentina 350 000 toneladas de carbonato sódico (67 580 toneladas para producción de litio), de las cuales 170 000 fueron suministradas por el proveedor nacional ALPAT con planta industrial en San Antonio Oeste, en la provincia de Río Negro, a unos 2170 kilómetros de San Antonio de los Cobres en la provincia de Salta por la RN 9. ALPAT prevé ampliar su capacidad de producción en dos etapas a 550 000 (Ámbito, 2023). La operación de litio de Allkem utiliza carbonato sódico de Wyoming, Idaho, Utah, que se envía a través del puerto de Portland, Oregón.

Dos insumos químicos adicionales necesarios en el proceso de producción de carbonato de litio son el cloruro de bario y calcio y el ácido clorhídrico. El cloruro de bario y calcio se importa principalmente de India y China, a través del puerto de Buenos Aires y se transporta al NOA por camión. En el caso del ácido clorhídrico, existen varios proveedores en Argentina, entre ellos Ledesma, Petroquímica Río Tercero, Atanor y Transclor. Aun así, en 2020 Argentina importó ácido clorhídrico por un valor de USD 193 000, principalmente de Alemania, España, Austria, México y EE. UU.¹⁷. El ácido se transporta a granel en forma de solución líquida al 32 % mediante tanques de acero al carbono que están protegidos internamente con un revestimiento de poliéster reforzado con fibra de vidrio. También se evalúa transportar este insumo por tren.

El sector del litio se encuentra en desarrollo y genera una alta demanda laboral, en la que se prioriza la mano de obra local. Según una encuesta realizada por la CAEM en 2020, **más del 60 % del empleo metalífero se origina en la misma provincia donde se encuentra el depósito**¹⁸. Allkem emplea a 850 personas entre la operación y ampliación de Olaroz (Jujuy) y la construcción de Sal de Vida (Catamarca), además de 1300 personas de manera indirecta. Alrededor del 30 % del empleo proviene de las comunidades locales y más del 75 % de las provincias donde se ubican los proyectos. Las mujeres representan alrededor del 20 % de la fuerza laboral, no solo en la base de la pirámide, sino también en puestos gerenciales y de toma de decisiones¹⁹. Exar ha empleado a alrededor de 2000 personas durante la etapa de construcción²⁰, mientras que para la operación esperan contratar alrededor de 450. Ya se han realizado capacitaciones a unas 200 personas para la operación de la planta. Existen iniciativas de las empresas para promover prácticas laborales en escuelas secundarias, terciarias y universitarias, y la CAEM está trabajando con el Ministerio de Trabajo y el Instituto Nacional de Educación Técnica para mejorar la formación y pensar cómo las empresas pueden promover el desarrollo de proveedores²¹. La Universidad de Jujuy ofrece la carrera de ingeniería de minas e ingeniería industrial. En Catamarca ha sido más difícil desarrollar y asegurar la mano de obra necesaria para el sector, incluso por la normativa que exige que más del 70 % de los empleados sean de la provincia²².

Además de la extracción y procesamiento inicial de litio, existen algunos proyectos relevantes vinculados a la producción de baterías de iones de litio. Se evidencian dos proyectos activos (ORBITA, 2021) en la Provincia de Buenos Aires: uno de ellos corresponde a Y-TEC, una empresa nueva de origen argentino y capital estadounidense, ubicada en La Plata, que produce baterías ultrafinas de litio. Cuenta con el apoyo de varios actores relevantes, como el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de la Nación, el Ministerio de

¹⁶ El 65 por ciento del carbonato sódico fabricado en el mundo se utiliza en la industria del vidrio; 10 por ciento para detergentes en polvo; 15 por ciento para la industria de silicatos, estabilizadores de pH y otros usos, y 10 por ciento para el litio, una industria cuya demanda ha ido creciendo en los últimos años.

¹⁷ Fuente: <https://oec.world/es/profile/bilateral-product/hydrogen-chloride-hydrochloric-acid/reporter/arg>

¹⁸ Entrevista con la CAEM el 16 de diciembre de 2022.

¹⁹ Entrevista con Allkem el 13 de diciembre de 2022.

²⁰ Entrevista con Exar el 12 de diciembre de 2022.

²¹ Entrevista con la CAEM el 16 de diciembre de 2022.

²² Entrevista con Allkem el 13 de diciembre de 2022.

Defensa Nacional y la Universidad Nacional de La Plata, entre otros. Esta empresa también ha firmado un acuerdo de cooperación con YLB²³ para producir conjuntamente materiales catódicos, realizar formación científica y tecnológica de profesionales y promover la investigación en el sector tanto en Argentina como en Bolivia (Barberón, 2022). La segunda, ubicada en La Matanza, es una línea de I+D puesta en marcha por una pyme para producir baterías que se utilizan en motos, bicicletas, scooters, etc.

2.1.3. Mercados actuales y previstos para el litio del NOA

La demanda que presenta el litio es tan elevada que aún no se ha cubierto el 80 % de la misma. Por lo tanto, el litio, incluso de mala calidad, siempre tiene un comprador, y los acuerdos comerciales especiales, como entre Chile y la Unión Europea, no necesariamente marcan una gran diferencia²⁴. Los mercados de Europa y EE. UU. adquieren cada vez más importancia dado que el producto se utiliza para baterías y estos son los mercados que más desarrollo alcanzarán en los próximos años.

Las exportaciones argentinas de litio alcanzaron los USD 696 millones en 2022, según el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC), lo que representa el 18 % de las exportaciones mineras totales. De esta cifra, el 41 % se exportó a China (USD 289 millones), el 30 % a Japón (USD 214 millones), el 12 % a Corea del Sur (USD 89 millones) y el 9 % a Estados Unidos (USD 62 millones), y el resto a otros destinos de exportación más pequeños.

3. Otros generadores de carga clave en el NOA

3.1. Flujo total de carga en 2021

3.1.1. Por red vial

Para estimar qué productos componen los volúmenes de carga en la red vial argentina en 2021, se utilizó la última versión publicada (2016) de la Matriz Origen-Destino (MOD16), elaborada por la Dirección Nacional de Planificación de Cargas y Logística (DNPTCyL). Esta matriz fue actualizada para realizar el análisis, a través de diferentes “impulsores” elegidos específicamente para cada uno de los productos, y se mantuvo la estructura proporcional de los flujos presente en la versión original.

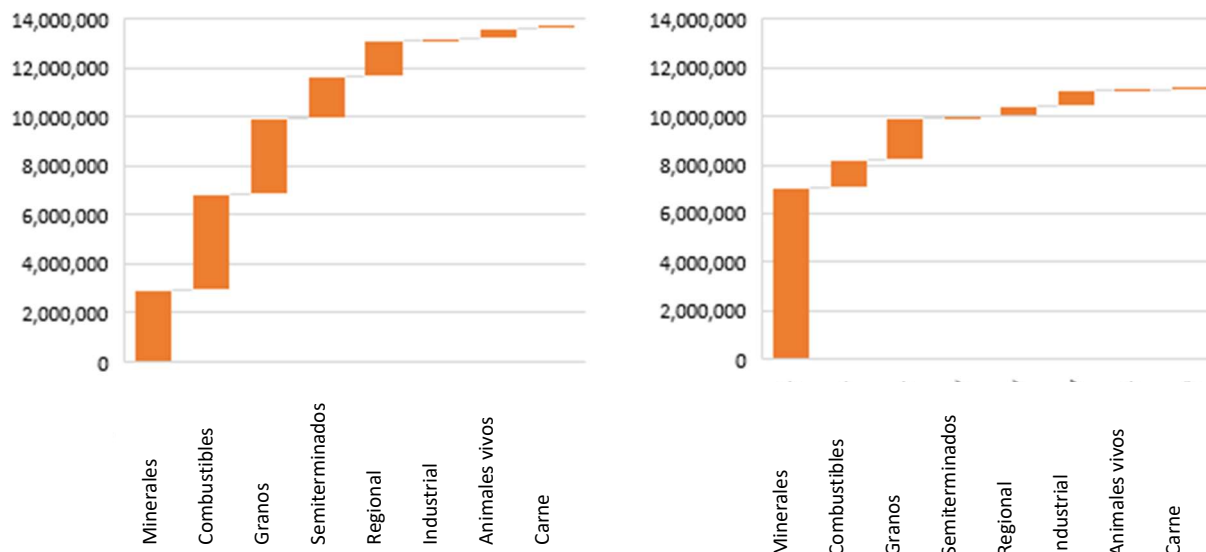
Gráfico 16: *Los minerales, combustibles y granos representan los mayores volúmenes del comercio del NOA*

a. Se originan en el NOA

b. Se originan en el resto de Argentina

²³ Yacimientos de Litio Bolivianos, una empresa minera estatal boliviana.

²⁴ Entrevista con la CAEM el 16 de diciembre de 2022.



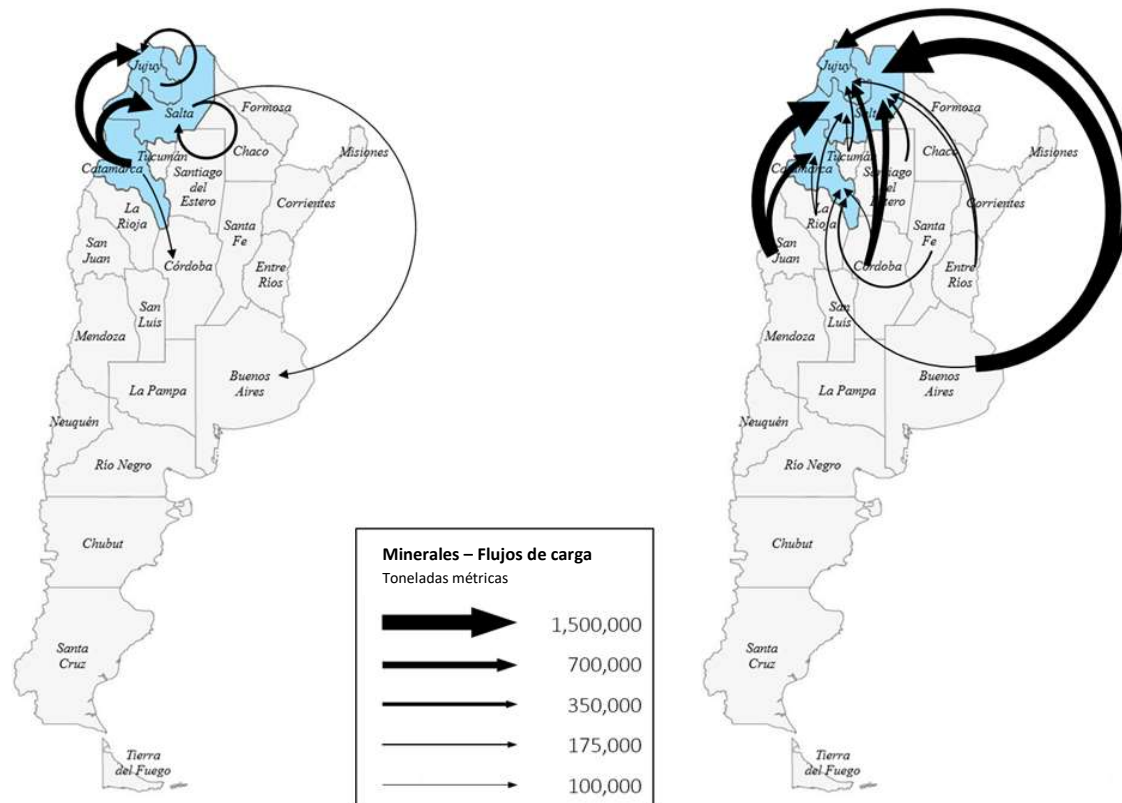
Fuente: Actualización de la MOD16 por parte del equipo del estudio

La nueva MOD21 arroja un total de 392,9 millones de toneladas de carga que se transportaron por la red vial (camiones) en Argentina, de las cuales el 6,4 % (24,97 millones) tuvo origen o destino en el NOA. Del total de productos que se trasladan por la red vial del NOA, el 40 % son productos mineros, seguidos de combustibles (20,2 %) y granos (19,3 %). Las categorías menos comunes son los productos semiterminados, que son productos industriales básicos e insumos para otras industrias (7,4 %), productos regionales (7,3 %), bienes industriales (3 %), animales vivos (1,6 %) y carne (1,3 %). Como se muestra en el gráfico 16, en el NOA se generan casi 14 millones de toneladas de carga y se reciben alrededor de 11 millones. El volumen de minerales transportados al NOA es aproximadamente el doble de los volúmenes producidos en el NOA y se destinan al propio NOA o al resto de Argentina, mientras que las proporciones son inversas para los combustibles y los granos. En el gráfico 17 se ilustran los flujos relativos de minerales entre el NOA y el resto de Argentina y dentro del mismo NOA en 2021. Se prevé que estos patrones cambien un poco con la fuerte expansión de la minería de litio. Los detalles adicionales para los otros tipos de carga se muestran en el anexo 1.

Gráfico 17: En 2021, el volumen del flujo de minerales que se originan en el NOA es menos de la mitad del volumen que se transporta al NOA desde las demás provincias de Argentina, en particular desde Buenos Aires y San Juan

a. Desde el NOA a otras provincias y dentro del NOA

b. Desde otras provincias al NOA



Fuente: Actualización de la MOD16 por parte del equipo del estudio

3.1.2. Por ferrocarril

Entre los bienes transportados en el NOA por ferrocarril (línea Belgrano), se destacan los granos y derivados (1,99 millones de toneladas o 74,8 % del volumen total/ 72,2 % del total de toneladas por kilómetro) y los minerales y materiales de construcción²⁵ (420 000 toneladas o 15,9 % del volumen total), seguidos a la distancia por los productos de carga general (3,6 %), azúcar (2,6 %) y madera y aclareos (2,5 %). El transporte de contenedores es marginal (0,2 %). Alrededor del 61 %²⁶ del tonelaje total tuvo su origen y/o destino en la provincia de Salta. No se observa carga con origen y/o destino en la provincia de Catamarca. De toda la carga originada en una de las provincias del NOA y transportada por ferrocarril, cerca de la mitad en 2021 se dirigió a la provincia de Santa Fe (granos).

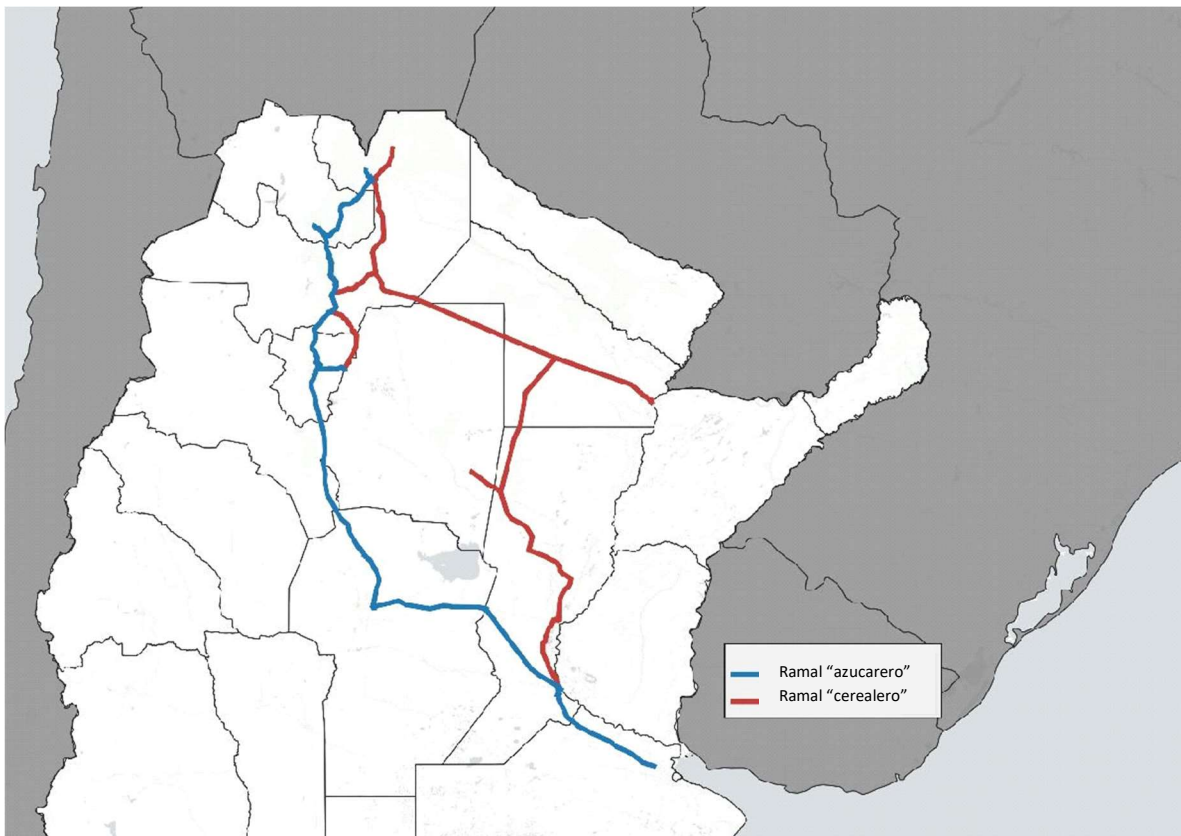
Entre los principales pares de origen y destino, los volúmenes de granos desde la localidad de Piquete Cabado (Salta) hasta Puerto San Martín (Gran Rosario) representan el 28,5 % del total de toneladas transportadas, cuyo recorrido abarca 1200 kilómetros. Le siguen en orden de importancia los flujos entre las ciudades de Pocitos (Salta) y Yacuiba, en Bolivia, con el 19,5 % (217 000 toneladas). El tren de la empresa boliviana ingresa a Argentina (recorre solo 5 kilómetros) para buscar la carga con predominio de harina y granos.

²⁵ Incluye piedra de balasto originalmente clasificada como material de vías.

²⁶ Según las Matrices Origen-Destino correspondientes a la Red Ferroviaria del año 2021 por producto y estación, de acuerdo con la CNRT.

También es importante el tráfico de azúcar con origen en Ledesma (Jujuy) cuyo destino es la estación Retiro Norte de la Ciudad de Buenos Aires. Este tráfico representa el trayecto de mayor distancia dentro de toda la línea Belgrano, aproximadamente 1670 kilómetros. Las formaciones cargadas de granos que tienen como destino los puertos del Gran Rosario utilizan los ramales renovados, 1670 kilómetros de vías férreas (véase el gráfico 19), que fueron financiados por China Machinery Engineering Corporation (CMEC), el Banco de Desarrollo de América Latina (CAF) y el Tesoro Nacional, e incorporan los tramos que conectan Joaquín V. González en Salta (al norte) y los puertos de Rosario, en Santa Fe (al sur), mientras que productos como el azúcar y la carga general con destino a Buenos Aires utilizan la ruta convencional del corredor “azucarero” que atraviesa Salta, Jujuy, Tucumán, Catamarca, Córdoba, Santa Fe y Buenos Aires (véase el gráfico 18).

Gráfico 18: Las rutas de la línea cerealera (“Cerealero”) y azucarera (“Azucarero”) del ferrocarril Belgrano conectan los puertos de Rosario y Buenos Aires



Existe un “tráfico circular” entre las provincias de Chaco y Jujuy mediante el cual se transporta cemento desde Maquinista Verón (departamento de El Carmen - Jujuy) hasta Resistencia (Chaco) y luego regresa con madera y aclareos a la estación Gral. Savio (departamento de Palpalá, Jujuy). Estos representan el 5,9 % y el 5,8 % de la carga total respectivamente.

Actualmente solo se transportan 12 500 toneladas al año en los ramales mineros C13 y C14. Consiste principalmente en carga que circula entre las estaciones Salar de Pocitos y Socompa dentro de la provincia de Salta en una distancia de 260 kilómetros.

Gráfico 19: Se están preparando las inversiones en el Ferrocarril Belgrano para destinarse a las mejoras del NOA



Fuente: ADIF

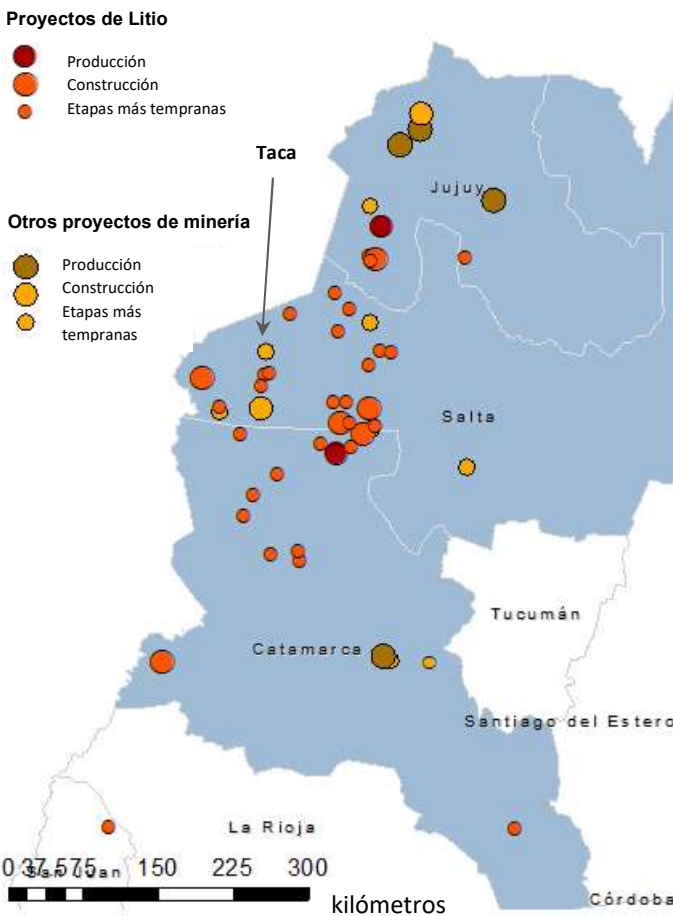
3.2. Relación espacial entre la minería de litio y otros sectores económicos del NOA

Minería

En las tres provincias también se están llevando a cabo una serie de proyectos que producen otro tipo de productos mineros, como cobre y plata. Los otros proyectos mineros en etapa de producción se encuentran al oeste de Jujuy y al sur de Catamarca, los proyectos en etapa de construcción se encuentran al oeste de Jujuy y al oeste de Salta, mientras que varios proyectos mineros a lo largo de Salta se encuentran en etapa temprana de desarrollo, y se ubican relativamente cerca de los proyectos de litio en etapa temprana.

Uno de los más importantes de estos proyectos es la mina de cobre Taca Taca, en el oeste de Salta, aproximadamente a 50 kilómetros de la frontera con Chile (gráfico 19). El proyecto se encuentra actualmente en desarrollo y se espera que la producción de concentrado de cobre comience en 2026 con 450 000 toneladas anuales, cifra que se prevé que aumente a 850 000 toneladas en 2027 y 1,2 millones de toneladas en 2028. Junto con los insumos requeridos, en la mina se generará un tráfico total de alrededor de 1,35 millones de toneladas anuales para 2028, superando ampliamente los volúmenes totales esperados de los proyectos de litio en el área.

Gráfico 20: NUMEROSOS PROYECTOS DE MINERÍA QUE NO SON DE LITIO EN EL TRAMO OCCIDENTAL DEL NOA SE ENCUENTRAN EN DIVERSAS ETAPAS DE DESARROLLO.



La producción de oro y plata requiere insumos, entre los que se destacan como más importantes las bolas de acero, la cal para corregir el pH, la solución de cianuro de sodio y el ácido nítrico. Para la etapa de fundición se añaden pequeñas cantidades de todos o algunos de los siguientes productos: dióxido de magnesio, flúor, sílice en polvo, bórax y nitrato de sodio. En la minería metalífera de oro y plata también se requieren explosivos para romper el suelo. Los explosivos, generalmente a base de nitrato de amonio, y los accesorios de voladura como detonadores, cordones detonantes, mechas de seguridad, conectores y otros, se importan principalmente de Chile. También hay fábricas en Argentina, que están ganando mercado a través de la Fábrica Militar de San José de Jachal, empresa estatal de la Dirección General de Fabricaciones Militares (San Juan) y fábricas de Austin Powder Argentina (en Santa Fe y Salta).

Fuente: Equipo del estudio, con base en Scheingart y Rajzman (2021), Secretaría de Minería (2022c)

La mayoría de las áreas con tierras de cultivo, áreas sembradas y la producción agrícola propiamente dicha²⁷, tanto de granos como de animales vivos y carne, se concentran en el este de Salta y el extremo sur de Catamarca, a varios cientos de kilómetros de distancia de las áreas mineras de litio (véanse los gráficos 21-24). En 2016, la provincia de Salta alcanzó una producción de alrededor de 3,56 millones de toneladas de granos, mayormente maíz y soja. En comparación, Catamarca produjo unas 241 000 toneladas de granos, dominadas por la soja y el trigo. Finalmente, la producción total de granos en Jujuy se estimó en 119 000 toneladas, en las que predominan el maíz y la soja. La producción alcanzada de animales vivos y carne se estimó en unas 270 000 toneladas por año en Salta, 55 000 toneladas por año en Catamarca y 25 000 toneladas por año en Jujuy.

En general, Salta representó más del 90 % del tonelaje total de granos y alrededor del 77 % del tonelaje de carne y animales vivos que se originaron en la región del NOA. A nivel provincial, la producción de granos representa alrededor del 82 %-al 83 % de toda la producción agrícola en términos de tonelaje tanto en Catamarca como en Jujuy, pero hasta el 93 % de la producción en Salta. Para 2023, según las estimaciones del Belgrano Cargas, se transportarán 882 000 toneladas de producción agrícola (granos) por sus líneas ferroviarias desde el NOA hasta el puerto de Rosario (39,9 % del volumen agrícola total que espera transportar Belgrano Cargas a Rosario, mientras que el resto lo contabilizarán las provincias de Chaco, Córdoba y Santa Fe). De lograrse, la proporción de granos originarios del NOA transportados a Rosario por ferrocarril será del 22 %.

Gráfico 21: Las tierras para cultivo y plantación permanente se encuentran geográficamente alejadas de los proyectos de litio del NOA

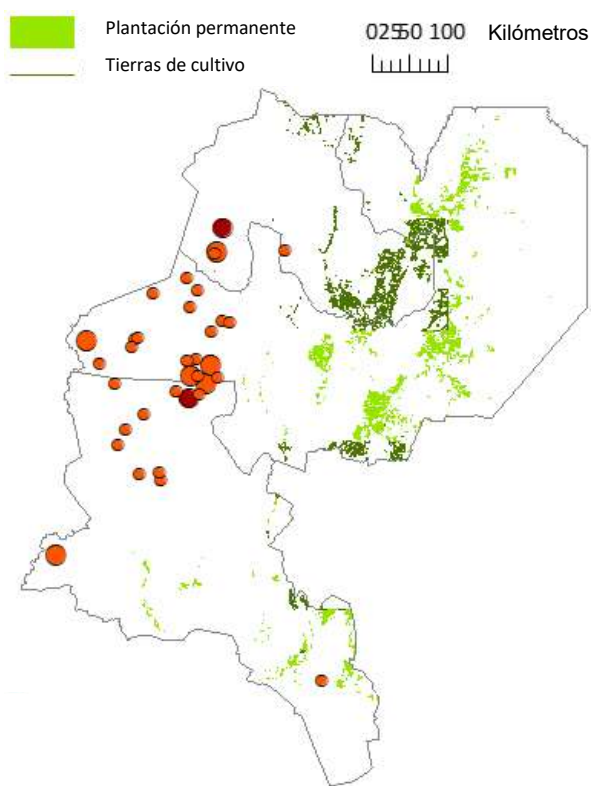
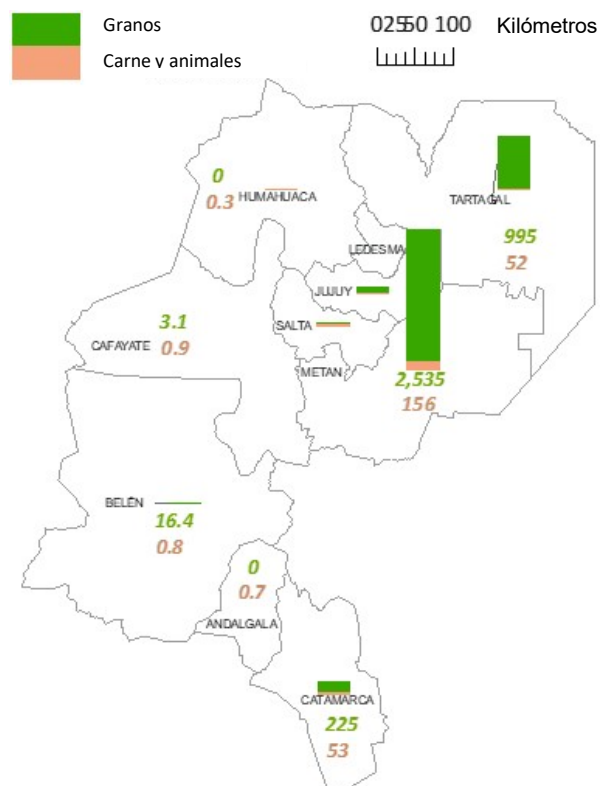


Gráfico 22: Salta registra la mayor producción de granos, animales vivos y carne del NOA (miles de toneladas por año)



²⁷ Volúmenes de producción agropecuaria subprovincial estimados al combinar la información disponible de las matrices origen-destino (MOD) de la red vial elaboradas por la DNPTCyL para el año 2016 y las MOD ferroviarias elaboradas por la CNRT, a partir de los datos facilitados por los operadores ferroviarios.

Fuente: Equipo del estudio con base en Schteingart y Rajzman (2021), Secretaría de Minería (2022c), Instituto Geográfico Nacional

Fuente: Equipo del estudio con base en la matriz OD Vial elaborada por la DNPTCyL para 2016 y las matrices OD Ferroviarias elaboradas por la CNRT.

Gráfico 23: La superficie cosechada de maíz (hectáreas) se encuentra geográficamente alejada de los proyectos de litio del NOA

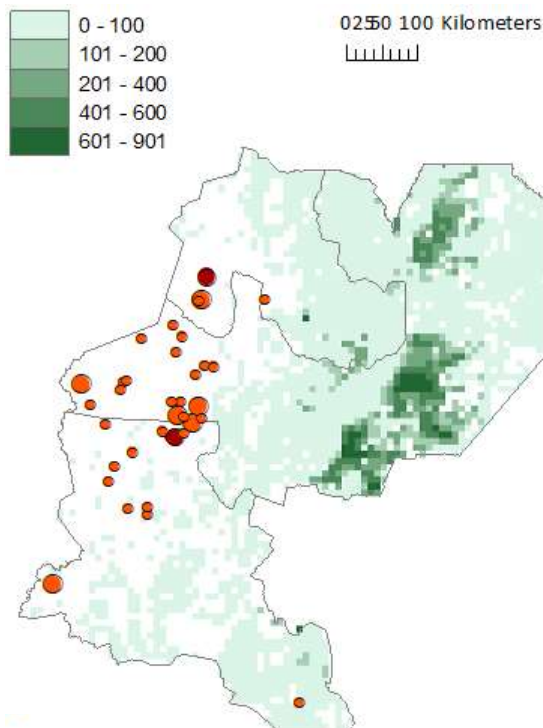
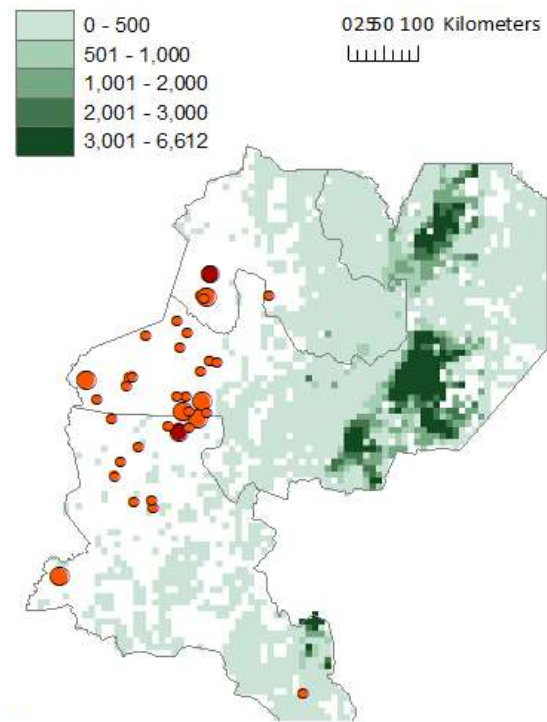


Gráfico 24: La superficie cosechada de soja (hectáreas) se encuentra geográficamente alejada de los proyectos de litio del NOA



Fuente: Equipo del estudio con base en Schteingart y Rajzman (2021), Secretaría de Minería (2022c), Instituto Internacional de Investigaciones sobre Políticas Alimentarias (IFPRI)

Turismo

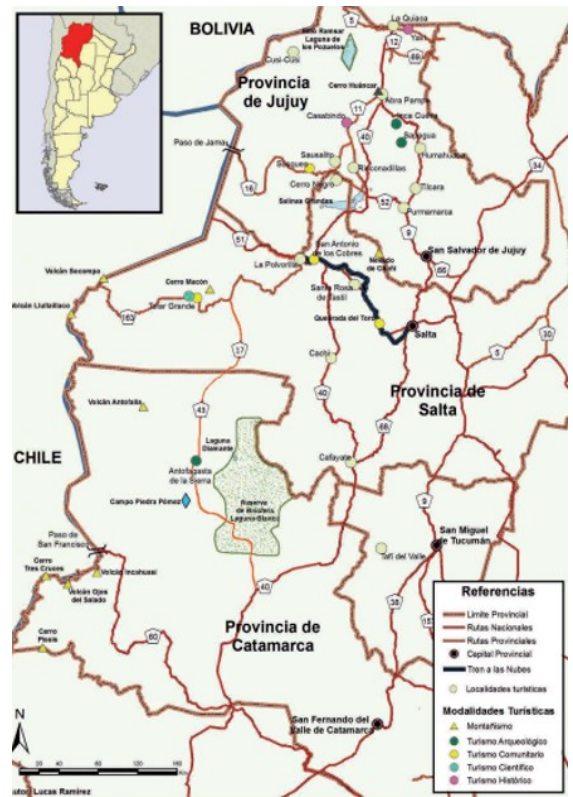
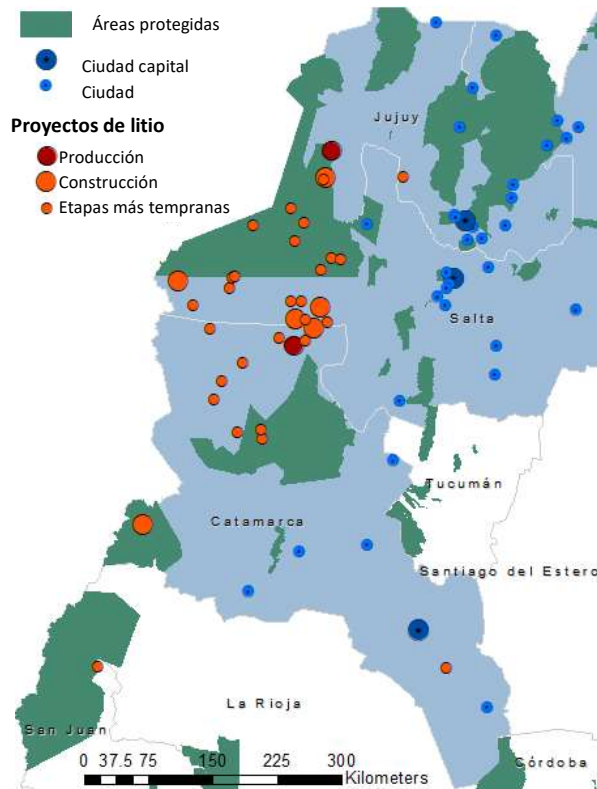
La Puna argentina, con una altitud promedio de 3500 metros sobre el nivel del mar, forma parte del *plateau* andino, el segundo más grande después del Tíbet. Esta planicie elevada se generó durante el Cenozoico, con un gran volumen de vulcanismo que también dio origen a las salinas. Está rodeada por bloques de basamentos elevados por fallas inversas de origen tectónico, que forman cadenas montañosas con orientación norte-sur, con drenaje cerrado (cuencas endorreicas) y clima árido.

Mientras los tradicionales centros turísticos desarrollan infraestructura y servicios, surgen nuevos destinos elegidos por turistas nacionales y extranjeros. Especialmente los paisajes naturales comienzan a valorizarse como destinos de turismo natural, cultural, arqueológico, geocientífico, comunitario, de bienestar, de aventura y de experiencias extremas. La Puna argentina representa este segundo caso de un destino turístico emergente, que se percibe como un destino remoto e inexplorado. La Puna no posee una larga historia turística; sin embargo, responde a la nueva demanda. Es un destino donde el turista asume un rol activo, en el que tiene la posibilidad de conducir vehículos especiales, practicar senderismo, montañismo, entre otros.

La Puna ofrece diversos atractivos turísticos asociados a la naturaleza y a los servicios turísticos basados en la experiencia y actividades extremas. El turismo cobra impulso, y actividades como el *trekking*, el montañismo y el turismo alternativo (de naturaleza y cultura) adquieren cada vez más importancia entre las actividades que realizan los turistas de la provincia de Salta, cuando tradicionalmente era un destino de turismo religioso y folclórico. También es una zona de artesanos que trabajan la cerámica y el metal, y tejedores que utilizan fibras andinas de animales domésticos (ovejas y llamas) y animales silvestres (vicuñas). Entre el 13 % y el 18 % del gasto de los turistas de la provincia de Salta se destina a productos artesanales y culturales. La Puna ofrece desde alojamientos modestos en posadas de arquitectura tradicional hasta hospedajes de lujo estilo campestre (por ejemplo, en grandes salares en la provincia de Jujuy). En este tipo de hospedaje de alta gama, la población local trabaja en el sector de limpieza, mantenimiento y gastronomía. El gasto de los turistas en alimentos y bebidas constituye aproximadamente una cuarta parte del presupuesto de viaje. Las excursiones y recorridos, así como el transporte interno, representan entre el 10 % y el 15 % del presupuesto de viaje (Secretaría de Turismo de la Provincia de Salta, 2018). Al ser una fuente de trabajo para la población joven y menos calificada en relación con el empleo generado por otro tipo de actividades, el turismo es una oportunidad de inclusión social a través del empleo.

Si bien el turismo es un sector que manejan los operadores turísticos internacionales y nacionales con base en Buenos Aires o en las capitales de las provincias de Jujuy, Salta y Catamarca, existe una creciente iniciativa local para desarrollar servicios gastronómicos y de hospedaje en las comunidades donde se ubican los atractivos. En particular, existe cada vez más interés por el turismo comunitario en torno al Camino del Inca, con una iniciativa promovida por el Ministerio de Cultura. Argentina es parte (con varias provincias además de Jujuy, Salta y Catamarca) del Itinerario Cultural del Camino Ancestral Chapaq Ñan. Algunas de las iniciativas de turismo comunitario (propuestas turísticas diseñadas y operadas por la población local) forman parte de la Red de Turismo Comunitario de Argentina. A través de esta red se promueve el turismo sostenible, respetuoso de las culturas y costumbres locales, donde se invita a los turistas a vivir la experiencia de ser miembros de la comunidad. También se promueve el desarrollo local y el beneficio económico directo de la actividad.

Gráfico 25: Algunos proyectos de litio se encuentran en zonas protegidas y en la mayoría se utilizarán rutas de transporte pertinentes para los sitios turísticos



Fuente: Troncoso (2018)

Fuente: Estudio elaborado por Schteingart y Rajzman (2021) y la Secretaría de Minería (2022c), Instituto Geográfico Nacional

Cabe destacar que existe una Cámara de Proveedores de Servicios de Minería y Turismo de la Puna de las provincias de Jujuy, Catamarca y Salta. La fusión de la actividad minera y turística en esta cámara regional es el resultado de la visión de la población local sobre qué actividades se consideran con más probabilidades de generar un desarrollo económico y mejorar las condiciones de vida.

En la Provincia de Salta, la Secretaría de Turismo promueve la capacitación de diversos actores del sector turístico para que la provincia se convierta en un destino turístico sostenible. Esta misma entidad genera estadísticas sobre ingresos relacionados con el turismo y otras estadísticas basadas en consultas con los turistas. Según estos datos, la provincia de Salta recibe más de un millón de turistas nacionales e internacionales al año. La actividad es fuertemente estacional, con picos en los meses de enero y julio, aunque las actividades turísticas en la Puna se desarrollan entre los meses de marzo y noviembre (durante el período sin precipitaciones) y son elegidas por los turistas internacionales.

4. Conexiones de transporte que promueven el litio y otros sectores del NOA

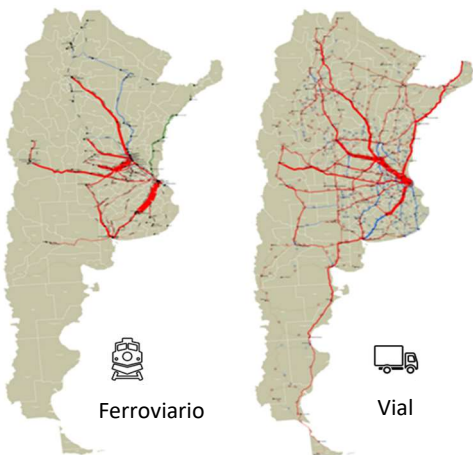
Argentina cuenta con aproximadamente 500 000 kilómetros de rutas, 50 000 kilómetros de vías férreas y 100 puertos. La distribución modal de transporte de carga interurbano está dominada por el transporte vial; el ferrocarril representa solo el 4 % de todo el tonelaje por kilómetro, y el transporte marítimo, el 8 %. El transporte fluvial representa la distancia media recorrida más extensa, por lejos, seguida del ferrocarril y, por último, el transporte vial (cuadro 3). En la composición de carga de Argentina, medida en tonelada por kilómetro, la carga seca representa alrededor del 45 % (minerales y granos), la carga líquida el 25 % (petróleo y combustible) y la carga general el 30 % aproximadamente. El transporte férreo y fluvial se centra en el envío de carga seca y líquida, respectivamente, mientras que el transporte vial abarca el rango completo de productos.

Cuadro 3: El transporte de carga interior en Argentina es predominantemente vial

Modo	Millones de toneladas	Millones de toneladas/km	Distancia promedio (km)
Red vial	498	179 984	361
Red ferroviaria	19	8060	428
Vías navegables	19	16 591	871

Fuente: DNPTCyL

Gráfico 26: Los flujos de carga ferroviaria y vial en Argentina giran en torno a los puertos de Rosario y Buenos Aires



Fuente: DNPTCyL

La red vial de Argentina abarca casi 500 000 kilómetros, e incluye:

- **Red nacional (primaria):** administrada por la Dirección Nacional de Vialidad (DNV), con casi 41 000 kilómetros, de los cuales el 92 % está pavimentado, el 6 % es de ripio y el 2 % restante no está pavimentado;
- **Red provincial (secundaria):** administrada por las Administraciones Provinciales de Vialidad, con casi 200 000 kilómetros, de los cuales el 23 % está pavimentado y el 77 % son de ripio o tierra, y
- **Red terciaria:** rutas y caminos que pertenecen a la Jurisdicción Municipal, con casi 285 000 kilómetros, mayormente de ripio.

Los flujos de carga terrestre (ferroviario y vial) se concentran entre Rosario y Buenos Aires (gráfico 26).

4.1. Activos viales, ferroviarios e intermodales existentes

En la actualidad, la producción de litio en el NOA está muy por debajo de su potencial, y solo existe un número limitado de plantas de producción a nivel industrial actualmente operativas. **La brecha entre el potencial y la realidad se debe, al menos en parte, a la falta de desarrollo de infraestructura asociada al transporte y la logística, con caminos de ripio, poca conectividad ferroviaria operativa, y problemas vinculados al acceso "de última milla" en áreas remotas donde se encuentran las salinas.**

Red vial

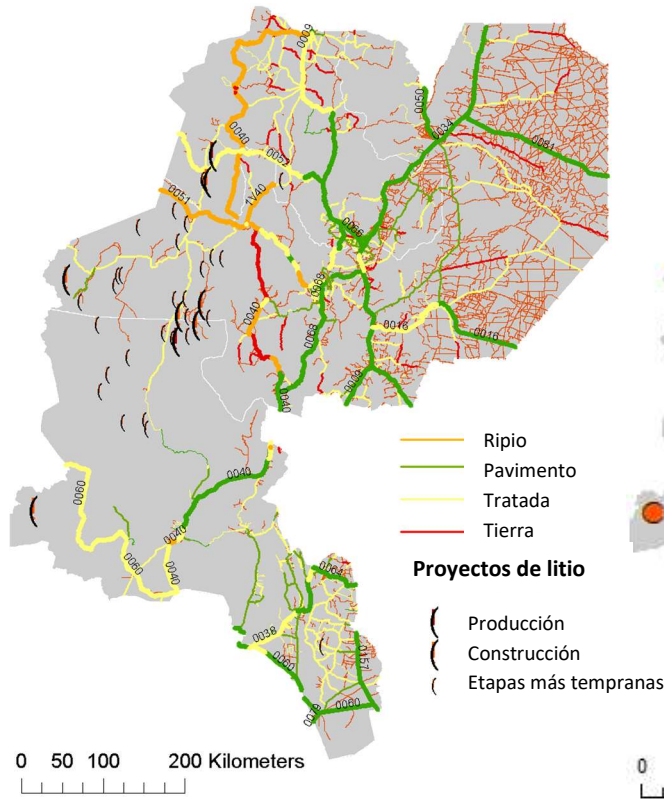
Si bien Argentina cuenta con una adecuada conectividad vial, la calidad deficiente de las redes viales se traduce en mayores costos de transporte. En comparación con otros países, la densidad vial en Argentina es baja (270 kilómetros por 1000 kilómetros cuadrados); sin embargo, el alcance de la red es proporcional al tamaño de la población, la economía y la cantidad de vehículos. En líneas generales, la conectividad vial es satisfactoria: el Índice de Competitividad Global 2019 del Foro Económico Mundial la posiciona en el 12^{vo} lugar entre 141 países. En términos de capacidad, solo el 8 % de la red primaria se compone de autopistas, menos de 7000 vehículos circulan por el 90 % de la red, y menos de 4000 vehículos por día recorren el 75 %. Sin embargo, en relación con la calidad de la infraestructura vial, la posición que ocupa Argentina en el mismo Índice del Foro Económico Mundial es bastante menor (92^{da}), lo que refleja que alrededor del 45 % de la red vial pavimentada se encuentra en estado regular o deficiente, el mantenimiento es escaso y existen problemas de seguridad vial, que se traducen en mayores costos de transporte (Banco Mundial, 2021). Las rutas y carreteras de zonas rurales se encuentran en condiciones deficientes, lo que limita la exportación. La señalización de las rutas es horizontal/vertical y limitada, el 90 % de la red primaria no cuenta con banquetas, existen numerosos puntos críticos para la seguridad vial, soluciones inapropiadas para el drenaje del exceso pluvial, la integración de los corredores con las regiones de Argentina es deficiente, existen problemas de facilidad de acceso a los principales puertos y cruces fronterizos.

La densidad vial del NOA es más baja que el promedio nacional, y solo el 30,2 % de la red está pavimentada, el 26,5 % se compone de caminos de ripio y el 43,3 % restante no está pavimentado. La calidad de las rutas provinciales de Salta y Jujuy es particularmente baja, con solo el 12,5 % y el 14,8 % de las mismas pavimentadas, respectivamente, lo que sugiere que las provincias cuentan con conexiones internas relativamente deficientes para promover el comercio, las actividades a escala y la especialización a nivel local (Banco Mundial, 2020). Se estima que los costos de logística para las regiones del norte alcanzan hasta un 50 % más que los costos de las regiones vecinas del centro y Cuyo (Banco Mundial, 2016). De acuerdo con la Fundación Agropecuaria para el Desarrollo de Argentina, en el 65 % de los caminos rurales de todo el país (que representan las conexiones de "última milla" con las zonas de producción), se observan deficiencias o se encuentran en malas condiciones.

En la región del NOA, existe un sistema de red vial triprovincial que conecta las tres provincias de la Puna. Comienza en la provincia de Jujuy, con la RN 52 totalmente pavimentada que conecta el Paso de Jama (frontera con Chile) con la Ruta Provincial (RP) 70, que atraviesa el Salar de Olar. Luego, en la provincia de Salta, esta conecta con la RN 51 que, a su vez, enlaza Paso de Sico (frontera con Chile) con Salta Capital. Desde esta ruta, se garantiza la conexión con las salinas a Catamarca por la RP 27 y la RP 17 a Salar del Hombre Muerto. En Salta, se está pavimentando la RN 51 que conecta las salinas con Paso de Sico en Chile y con la ciudad de Salta, y recientemente se ha avanzado en las rutas provinciales que conectan las salinas. Actualmente, se encuentra en construcción una nueva RP 277, que conecta el Salar de Caucharí (intersección con la RN 51) con el Salar de Pocitos. Mediante la RP 17 se conecta el Salar del Hombre Muerto con la frontera de Salta y Catamarca. La conexión de los proyectos de litio con las RN 51 y RN 52 en Salta y Jujuy es importante debido al acceso a los puertos transandinos, dada la importancia del Corredor del Pacífico para llegar a los principales mercados de litio en Asia (Secretaría de Minería, 2023).

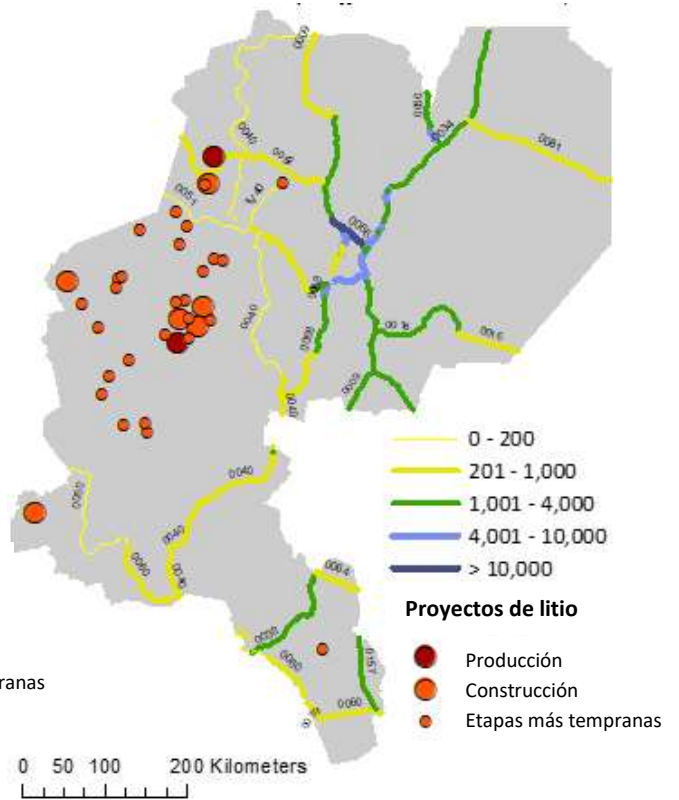
El volumen total actual del tráfico (2021) es menor a 200 vehículos por día en las rutas nacionales más cercanas al área de la minería de litio, como la RN 60 en Catamarca, la RN 51 en Salta y la RN 40 en Salta y Jujuy (gráfico 28). La circulación es levemente mayor, con 1000 vehículos por día, en la RN 51 en Jujuy, que conecta los proyectos del Salar de Olaroz (en etapa de producción) y Caucharí Olaroz (en etapa de construcción) al oeste de la frontera con Chile y al este de la RN 9 (y eventualmente con San Salvador de Jujuy). Las cifras de TMDA solamente alrededor de las capitales provinciales de Salta y Jujuy alcanzan o superan los 10 000 vehículos.

Gráfico 27: Los proyectos de litio están lejos de las principales rutas, en especial las pavimentadas



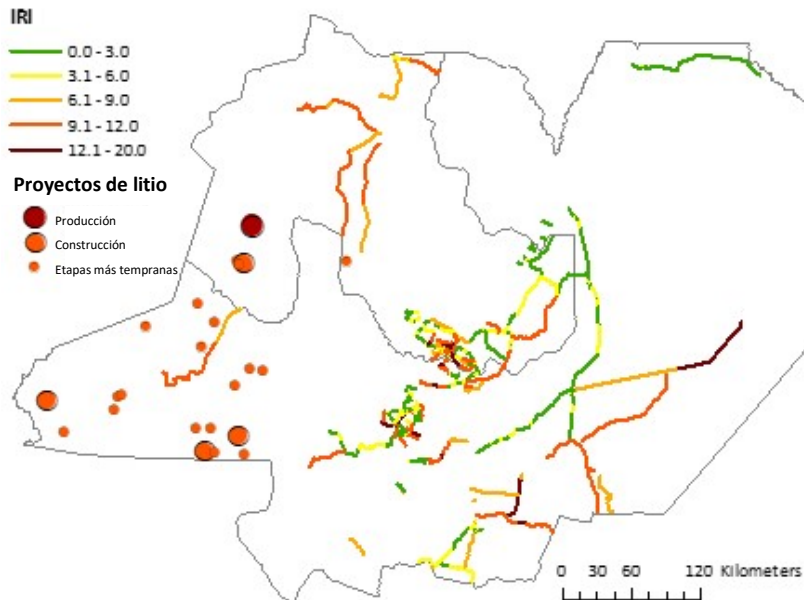
Fuente: Ministerio de Transporte de la República Argentina

Gráfico 28: Los volúmenes vehiculares en las rutas principales del NOA son bajos (2021)



Fuente: DNV

Gráfico 29: Las rutas de Salta y Jujuy pertinentes para los proyectos de litio se encuentran en estado regular o malo, de acuerdo con el Índice de Regularidad Internacional (IRI)



Nota: Un IRI menor significa rutas en mejor estado

La disponibilidad de la información sobre el estado de las rutas en el NOA es solo parcial, en base a las encuestas realizadas en Salta y Jujuy en 2019 sobre un subconjunto de rutas y caminos. En estos datos se sugiere que el estado de las rutas cercanas a las áreas de minería de litio (RN 27 en Salta y RN 70, 7 y 11 en Jujuy) es malo o muy malo (véase el gráfico 29). Con frecuencia, el estado en deterioro provoca roturas en las rutas o la necesidad de efectuar reparaciones, lo que se traduce en mayores costos. Además, la escasez de repuestos debido a la restricción de las importaciones, en ocasiones complica aún más el proceso de reparación.

Los gobiernos provinciales de Jujuy y Salta han estimado sus necesidades de inversiones en rutas provinciales en USD 43,63 millones y USD 51,3 millones en el transcurso de cinco años. Estas estimaciones fueron elaboradas por las Direcciones Provinciales de Vialidad como parte de los planes de inversión plurianuales, desarrollados en 2019 en el marco de un presupuesto optimista. En el caso de Jujuy, en el plan se describe una inversión quinquenal de USD 43,65 millones en las rutas provinciales, con la necesidad de mejorar 429,5 kilómetros de rutas prioritarias. Mediante la ejecución de este plan se facilitará la modernización de la red vial provincial, con una transición de su estado actual en condiciones regulares o malas a buenas condiciones dentro del marco temporal establecido. El resultado deseado es alcanzar un índice de regularidad menor a 3, lo que indica un estado satisfactorio de las rutas²⁸. En el caso de Salta, la inversión prevista necesaria es de USD 51,3 millones, en función de un plan de prioridades que abarca 562,2 kilómetros en el transcurso de cinco años. Mediante este plan de inversión se apunta al 44,2 % de la red vial provincial, que actualmente se encuentra en condiciones malas o regulares, a fin de mejorar la red para alcanzar un estado satisfactorio. En estos planes no se incluyen las rutas y caminos regionales, que adquieren cada vez más importancia en las conexiones provinciales para la industria del litio, como una prioridad, lo cual es lógico considerando factores como la lejanía y el rol del transporte.

Red ferroviaria

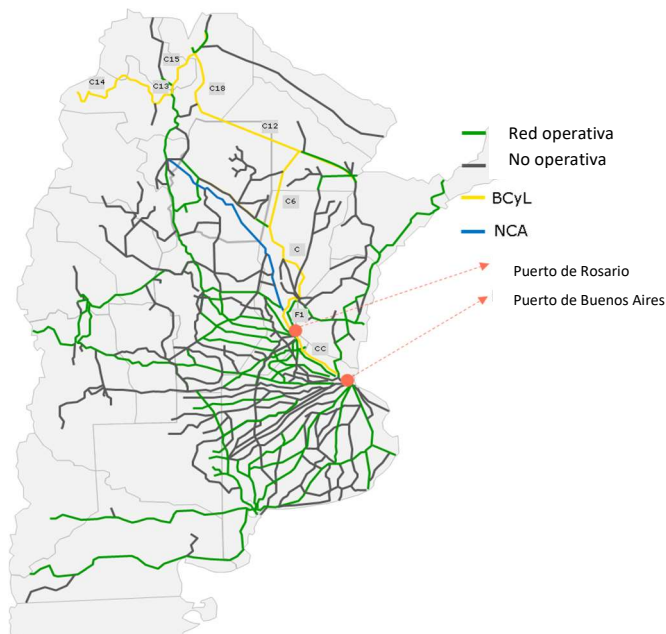
La red ferroviaria Belgrano es la principal conexión ferroviaria en la región del NOA (gráfico 19 de la sección 3.1.2). El ramal C atraviesa Salta y Jujuy en conexión con Tucumán. El ramal trasandino C-14 es de particular interés, dado que conecta el paso fronterizo Socompa con la región de Antofagasta en Chile. Este ramal también es importante, ya que conecta los puertos chilenos, Rosario y Buenos Aires. La línea cuenta con tres tramos importantes para las actividades del sector minero: Salta - San Antonio de los Cobres (160 kilómetros), San Antonio de los Cobres - Salar de Pocitos (100 kilómetros) y Salar de Pocitos - Paso de Socompa (100 kilómetros).

Como se mencionó anteriormente, el servicio ferroviario de carga (provisto por Belgrano Cargas y Logística, BCyL) opera solamente en algunos pocos lugares de la región, principalmente en Salta, con un enfoque especial en la conectividad hacia General Güemes. La red ferroviaria Belgrano es la más extensa de la Argentina y conecta las regiones del norte con Buenos Aires. En su mayor extensión, este servicio conecta las provincias de Salta, Catamarca y Jujuy con las regiones de Cuyo y Buenos Aires. Trenes Argentinos Cargas administra un total de 7417 kilómetros de la línea Belgrano (CNRT, 2020), de los cuales el 54 % se encuentran operativos (4013kilómetros).

²⁸ En la medición inicial de regularidad vial antes del plan de inversión se identificó que un 35 por ciento de la red pavimentada en la provincia de Jujuy estaba en buen estado, el 36 por ciento, en estado regular y el 29 por ciento, en mal estado.

En los estados financieros del 2019 se observa que el 25 % de las vías operativas de la línea han sido renovadas y/o se encuentran en buenas condiciones, el 44 %, en condiciones regulares, y el 31 %, en malas condiciones. Las obras de renovación implican el reemplazo total de la infraestructura, lo que permite una capacidad de diseño de 22 toneladas por eje y una velocidad de 90 kilómetros por hora. Entre el resto de los ramales no renovados, las vías descansan sobre tierra o piedras con durmientes de madera que, dependiendo de la calidad y el estado de las vías, soportan hasta 17 toneladas por eje en algunos tramos.

Gráfico 30: El sistema ferroviario de carga de Argentina funciona parcialmente



Dada la uniformidad de las vías, también se puede acceder a las redes ferroviarias de Chile y Bolivia mediante los cruces fronterizos de Las Cuevas, Socompa, La Quiaca y Pocitos. Actualmente, solo funciona el cruce de Socompa (Chile), debido a acuerdos comerciales firmados entre Trenes Argentinos Cargas y la empresa chilena FERRONOR. También se ha firmado un acuerdo con Ferrovial Oriental (empresa boliviana), cuyos trenes ingresan a la estación de Pocitos, principalmente para la carga de harina, malta y maíz con fines de exportación a Bolivia. Sin embargo, el tren no puede ingresar a Argentina más allá de Pocitos debido a un puente en mal estado.

En 2010, se llegó a un acuerdo con la empresa estatal CMEC para el financiamiento del "Proyecto de modernización del ferrocarril Belgrano Cargas", cuyo contrato fue firmado en diciembre de 2013. En el proyecto se incluye la adquisición de material rodante para las tres líneas que operan en Trenes Argentinos Cargas y la renovación y mejora de las vías de la línea Belgrano. En 2016, en la Enmienda III del contrato original se modificó el alcance de las obras, en donde se cancelaba la renovación de las vías del ramal C3 y se redirigía la inversión hacia otros tramos de las vías principales del corredor. En 2019, se produjo una segunda modificación (Enmienda IV) en la que se agregó al proyecto la mejora de los accesos a los puertos del Gran Rosario, la primera etapa de la circunvalación ferroviaria de la ciudad de Santa Fe y la construcción de playas formadoras ferroviarias.

Como resultado de las inversiones finalizadas, la carga transportada mediante la red ferroviaria Belgrano aumentó considerablemente, y alcanzó su punto máximo en los últimos 30 años (alrededor de 2,9 millones de toneladas en 2022 comparado con aproximadamente 700 000 toneladas en la década anterior). En 2022, el ferrocarril Belgrano transportó el 11,8 % de las toneladas totales transportadas por ferrocarril a nivel nacional (2,84 millones²⁹) y el 17,5 % de todas las toneladas por kilómetro, con una distancia operativa promedio de 503 kilómetros, mayor que las líneas restantes (los puntos de origen y destino de carga del Belgrano se

²⁹ [Estadísticas del transporte ferroviario | Argentina.gob.ar](https://estadisticasdeltransporteferroviario.gob.ar/)

encuentran a mayor distancia). Actualmente, se encuentra bajo aprobación una nueva enmienda (Enmienda V) que implicaría un aumento del préstamo original por USD 827 millones, para adquirir equipamiento de vías y locomotoras, y realizar obras complementarias, como la segunda etapa del acceso a los puertos de Rosario y la circunvalación de Santa Fe, la mejora ferroviaria en los sectores críticos a lo largo del corredor "azucarero" y en los ramales Avia Terai-Barranqueras, Socompa-Salta, Ledesma-Pichanal y Pichanal Pocitos (cuadro 4). También se incluyen las obras para las playas formadoras ferroviarias del Nodo Logístico Intermodal Güemes y el Puerto Seco.

Cuadro 4: En la nueva Enmienda se contempla la realización de mejoras de vías en una serie de líneas ferroviarias del NOA

Desde	Hasta	Km	Total (USD)
Línea C - San Felipe	Línea C - Las Cejas	54	7 840 800
Líneas C, CC y F1 (ramal azucarero)		200	13 000 000
Línea C3 - Avia Terai	Línea C3 - Barranqueras	204	23 049 960
Línea C15 - Pichanal	Línea C15 - Pocitos	165,8	82 937 305
Línea C15 - Ledesma	Línea C15 - Pichanal	86,2	13 525 550
Línea C14 - Socompa	Línea C13 - Salta - Güemes	100	18 000 000
Mejoras totales		810	158 353 615

Fuente: ADIF

Una vez finalizadas todas las obras, se habrán renovado más de 1780 kilómetros y mejorado otros 228 kilómetros, lo que permitirá la circulación de formaciones con hasta 100 vagones a lo largo del ferrocarril renovado con una capacidad de 22 toneladas por eje. En Salta, se han renovado los ramales C12, C18 y C entre Metán y Rosario de la Frontera, y el C8 entre Rosario de la Frontera y Las Cejas (Tucumán) se encuentra en construcción. Una vez finalizadas las obras, se podrá evitar el paso por la ciudad de Tucumán, lo que mejorará los tiempos de transporte. Del mismo modo, se han realizado obras de mejora en el ramal C entre Metán y Güemes. En la actualidad, los ramales C13 y C14 entre Güemes y el paso de Socompa permanecen operativos con un mantenimiento periódico por parte de la empresa. Las empresas mineras utilizan mayormente el ramal C14, en particular en los sectores del cobre y del litio, para acceder a los puertos chilenos. En Jujuy, si bien no se han realizado renovaciones, se mejoraron los ramales C y C15 entre Güemes, Perico, Savio y Ledesma.

A pesar de las mejoras, el estado de la línea Belgrano sigue muy heterogéneo, con un gran número de ramales no operativos y una considerable proporción de infraestructura en mal estado o regular. El ramal C25, que unía la ciudad de Embarcación (Salta) con la ciudad capital de Formosa, está abandonado. El ramal C15 entre las ciudades de Pichanal y Pocitos, ambas en Salta, se encuentra interrumpido por el colapso de varios puentes y la exposición de la infraestructura a las inundaciones y los deslizamientos de tierra. En Catamarca, a excepción del ramal CC, el resto de los ramales que comparte la provincia con La Rioja (A, A3, A4, A5 y CC10) se encuentran fuera de funcionamiento, debido a tramos faltantes de vías, puentes colapsados e intrusiones. Como parte del proceso de racionalización durante las décadas de 1960 y 1970, se cerraron los ramales A9, A13 y A6³⁰.

Aún está por definirse el cronograma futuro de operación ferroviaria. Hasta ahora, el sistema ferroviario ha sido un sistema concesionado de integración vertical. Esto implica condiciones de exclusividad comercial, una fuerte concentración en algunos mercados, una oferta escasa (no solo condicionada por el modo mismo, sino por las interfaces de carga y descarga que reducen significativamente la eficiencia del sistema) y su incapacidad

³⁰ [Red Ferroviaria Argentina. SATÉLITE FERROVIARIO \(sateliteferroviario.com.ar\).](http://Red.Ferroviaria.Argentina.SATÉLITE.FERROVIARIO(sateliteferroviario.com.ar).)

de ampliar los servicios a empresas más exigentes en términos de calidad y confiabilidad. A principios de la década de 1990, se otorgaron concesiones³¹ de una gran parte de la red ferroviaria a empresas privadas, con la única excepción de la trocha angosta que, bajo diversas modalidades y de forma intermitente, permaneció mayormente bajo el control del Gobierno. Se consideró un nuevo cronograma de operaciones de la red, en el que se incluyó como una de las modalidades el "acceso abierto", sin embargo, aún no se adoptó el marco regulatorio. El futuro incierto de la estructura de gestión de los ferrocarriles de carga (acceso abierto, concesiones, administración pública) genera dudas, y da lugar a contratos de mercado al contado más costosos, lo que impide la planificación e inversión a largo plazo de las empresas.

Nodo Logístico Intermodal

El Nodo Logístico Intermodal Güemes, ubicado en la RN 34, es un centro potencial de procesamiento para empresas de litio que complementa los esfuerzos gubernamentales por desarrollar el área como puerto seco. En noviembre de 2020, se firmó un acuerdo entre la provincia de Salta, el Ministerio de Transporte de la Nación y la empresa Trenes Argentinos Cargas con el objetivo de desarrollar y construir el Nodo Logístico en los alrededores de la estación Güemes, que será gestionado mediante un acuerdo de coadministración entre la empresa ferroviaria y la empresa estatal "Nodo logístico General Güemes Sociedad del Estado", creado por el Decreto Provincial 180/2021. El Nodo Logístico Güemes, actualmente en construcción, se desarrolla en un predio de aproximadamente 39 hectáreas que limita al norte con el Parque Industrial y al oeste con la Zona Franca Salta. La construcción dentro del predio incluirá una playa formadora ferroviaria, una playa de contenedores y un puerto seco. Este último contará con una zona nacional de carga y otra área aduanera primaria para el flujo de comercio exterior. El principal objetivo de este desarrollo es promover el transporte de contenedores por ferrocarril, de modo tal de concentrar las cargas que se encuentran actualmente dispersas en la región y cuyos productores solo tienen acceso por el momento a través del transporte automotriz.

4.1.1. Características del transporte para los productos de litio

El carbonato de litio es muy sensible a la contaminación y posee características casi farmacológicas; debe tener menos de 1 gramo de contaminación por tonelada. El contenedor que se utiliza para su transporte está hecho de plástico de múltiples capas protectoras. Una vez empacado en bolsones *Big Bag*, el producto se transporta en camiones hasta el puerto de Buenos Aires y, desde allí, a diferentes destinos. La mayor parte del volumen se dirige a Asia, China, Japón y Corea del Sur. Europa y Estados Unidos serán más relevantes en el futuro cercano ya que el producto final se utiliza principalmente en las baterías, cuya demanda está creciendo fuertemente en esos mercados.

En la actualidad, el ferrocarril no es el medio óptimo para transportar carbonato de litio debido a una serie de cuestiones. El tren produce mucho movimiento lateral, la suspensión es menor que la del camión, lo que deteriora el cargamento, o genera la necesidad de utilizar un envoltorio adicional como el cartón. El carbonato de litio tiene baja densidad, es ligero y su transporte por vía férrea resulta ineficiente. En un vagón de 12 metros solo caben 20 bolsones no apilables, cuando podrían caber muchas más toneladas. El bolsón no se puede apilar, por lo que no hay forma de ocupar todo el vagón y queda parcialmente vacío³².

³¹ Entre las concesiones privadas se incluyen: FEPSA, que opera las líneas Sarmiento / Roca; NCA, que administra la línea Mitre y Ferrosur Roca, a cargo de la línea Roca. Trenes Argentinos Cargas (legalmente Belgrano Cargas y Logística S.A.) es una empresa cuyos accionistas son tres empresas estatales: ADIF, Trenes Argentinos Operaciones y la AGP. Controla las líneas Belgrano, San Martín y Urquiza.

³² Entrevista con Allkem el 13 de diciembre de 2022.

Las rutas de transporte y los puertos de salida han cambiado en respuesta a los desarrollos marítimos globales y los cambios de escala de los buques en los puertos. Actualmente, toda la producción de carbonato de litio de Olaroz (Jujuy) se transporta al puerto de Buenos Aires y de allí mayormente a Asia: Toyota en Japón y otros fabricantes de baterías en Corea y China. Sin embargo, antes de la pandemia, el 70 % de su producción partía desde Chile, a través del paso fronterizo Paso de Jama, y el resto por Buenos Aires. La partida habitual de los productos de Allkem era desde Angamos, un puerto al norte de Antofagasta, al que se puede llegar por camión desde Jujuy en 24 horas. Posterior a la pandemia y debido a la escasez de contenedores, varias compañías navieras redefinieron su logística y sus rutas, algunas de las cuales resultaron en la cancelación total de determinadas escalas portuarias. Ahora, toda la producción de Olaroz se envía a través de Buenos Aires. Si bien el recorrido es más extenso, se asegura la disponibilidad de los buques y del espacio. Para lidiar con los 14 días de espera, Allkem alquila depósitos en el puerto de Buenos Aires. Los contenedores están disponibles 3 o 4 días antes de la partida del buque. Sin embargo, Allkem está evaluando la posibilidad de volver a partir desde Chile, debido a la ventaja en cuanto al tiempo (la ruta hasta Asia es más corta)³³.

4.1.2. Necesidades de transporte de insumos para la industria del litio

Aproximadamente la mitad de todo el carbonato sódico que se importa a la Argentina proviene del puerto de Campana (cerca de Buenos Aires) y la otra mitad de Chile. En la actualidad, NCA está evaluando las opciones para el transporte ferroviario desde el puerto de Campana hasta Tucumán y luego continuar en camión hasta Jujuy. El carbonato sódico se transporta a granel, en minicontenedores, camiones volquete, camiones silo y bolsones *Big Bag*. Esta última opción es la preferida de las empresas mineras, dado que se preserva la calidad del producto.

El combustible subvencionado empleado por los camiones que viajan desde Buenos Aires (puerto de Campana), aproximadamente a 1700 kilómetros de distancia del NOA, compensa las ventajas de la menor distancia desde los puertos de Chile (vía férrea). Además, el costo total por camión en comparación con el tren es muy similar, ya que el ferrocarril tiene limitaciones de peso y tramos en los que se debe transitar con precaución, por lo que es más lento. Más aún, si bien los puertos de Chile reciben grandes volúmenes de carbonato sódico, Antofagasta presenta mareas altas que interrumpen las operaciones portuarias y generan costos adicionales. Previa a la COVID, el carbonato sódico utilizado en algunos proyectos de litio de Argentina arribaba desde Antofagasta, Chile. Sin embargo, el puerto perdió su tráfico y los buques comenzaron a pasarlo por alto y dirigirse directamente al puerto de San Antonio, por lo que solo quedó tráfico de cabotaje, sin posibilidad de dejar contenedores vacíos en esos puertos. Por otro lado, existía el riesgo inherente al transbordo, la carga no estaba consolidada en contenedores, sino que compartía la bodega con otros productos, lo que no es conveniente debido a la contaminación. Además, el puerto de Antofagasta se encuentra en medio de la ciudad y el sodio genera contaminación, lo que impide que se empaque en bolsones en Antofagasta. Si el carbonato sódico se almacenara fuera del puerto, debería atravesar la aduana (debería "importarse" formalmente a Chile). No se ha invertido en espacios de almacenamiento cercanos al puerto dado que estos pertenecen al estado y sus concesiones son por breves períodos, por lo que ningún concesionario está dispuesto a invertir. Además, la aduana no habilita depósitos adicionales en la zona. Al norte de Antofagasta, Mejillones y Angamos reciben productos a granel, y Angamos posee una buena infraestructura, pero no cuenta con depósito portuario adicional (no hay espacio para el carbonato sódico)³⁴. Livent es la única empresa argentina de tecnología de litio con instalaciones en Chile³⁵. De cualquier modo, a las empresas

³³ Entrevista con Allkem el 13 de diciembre de 2022.

³⁴ Entrevista con Allkem el 13 de diciembre de 2022.

³⁵ Entrevista con CAEM el 16 de diciembre de 2022.

mineras entrevistadas les resulta conveniente mantener la opción de contar con ambos puntos de importación, Antofagasta y Campana.

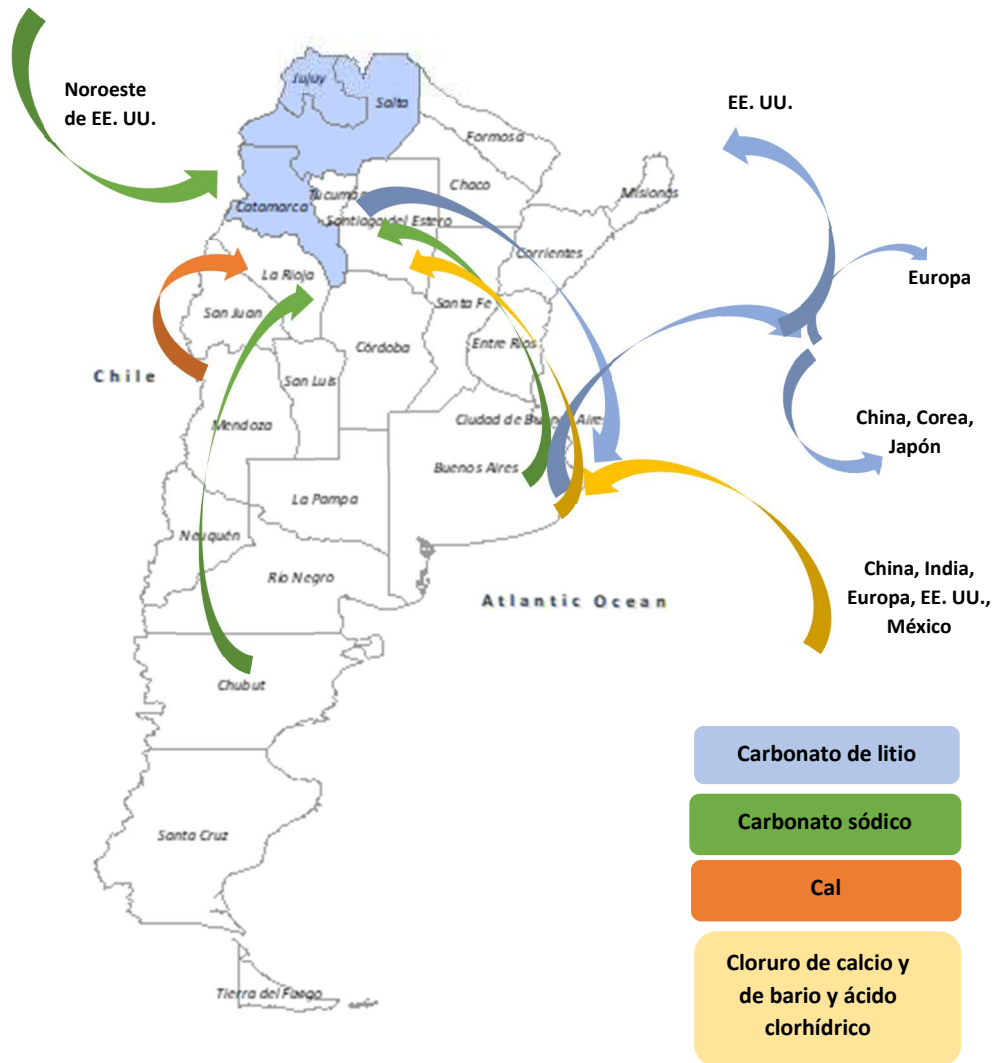


Por camión: Desde el puerto de Campana mediante el transporte por camiones, las empresas de minería de litio ubicadas en el NOA toman la RN 34 a Jujuy, luego la RN 66 a Perico y la RN 9 a Purmamarca. Desde el lado chileno (cruce del Paso de Jama), toman la RN 52 hasta la planta logística Güemes en Salta. Esta es una ruta compleja y un camión puede tardar hasta 14 horas en cruzar la frontera chilena hasta Güemes. Considerando que pronto operarán 7 proyectos de litio en el NOA, hacia el 2025 la demanda de carbonato sódico será de alrededor de 600 000 toneladas por año, lo que implica alrededor de 60 camiones por día que atravesarán las principales rutas y descargarán carbonato sódico, lo que probablemente generará congestión y aumentará significativamente el tiempo de viaje, no solo para estos productos sino para el tráfico turístico que atraviesa la región, y otras cargas que se dirigen de oeste a este. La RN 70, una posible alternativa a la RN 52, está en condiciones aún peores y las empresas de transporte la evitan, ya que los camiones tienden a romperse, por lo que los transportistas demandan mucho más. En Salta, la "última milla" también plantea un problema, incluso más que en Jujuy, ya que hay varios kilómetros de caminos de tierra que se encuentran en peores condiciones que las rutas de Jujuy. La RN 51 es la ruta principal para las empresas mineras de La Puna salteña, por lo que es fundamental optimizarla a fin de brindarles una solución a los residentes de Campo Quijano y a las empresas mineras.

En general, la cal se transporta a granel en camiones con tolva, pero se pueden usar camiones convencionales y Big Bags para generar eficiencias y evitar transportes vacíos. Tal como se mencionó, una parte de la cal se origina en Volcán (Jujuy) pero la capacidad de la cantera ya es insuficiente, por lo que el volumen restante de cal necesario proviene de la provincia de San Juan. A pesar de que esta cal es de mejor calidad que la de Jujuy, su transporte desde San Juan genera ineficiencias dado que se gasta en el transporte un monto equivalente al valor de la cal.

Como se mencionó anteriormente, la mayor parte de la fuerza de trabajo de los proyectos de litio proviene de la misma provincia donde se encuentra el proyecto, sin embargo, **las distancias entre las minas y los centros de población local son extensas, de más de cientos de kilómetros.** En el caso de Sales de Jujuy, se contratan autobuses y furgonetas para transportar a los trabajadores desde Jujuy, y desde la ciudad hasta la operación en Catamarca el viaje dura 12 horas. No hay rutas directas que conectan los salares con la ciudad; se debe atravesar La Rioja.

Gráfico 31: Los flujos de insumos y productos de la cadena de valor del litio se realizan predominantemente por el Atlántico



En ferrocarril: Algunas empresas intentan transportar el carbonato sódico en tren desde las estaciones de ferrocarril más cercanas hasta el puerto de Campana, Chenaut o Pilar (ambas a 30 kilómetros de distancia). Desde allí, la carga arriba a Güemes, aunque los carriles de maniobra en esta estación están muy cerca entre sí, lo que genera problemas e interrupciones para la descarga. Las estaciones ferroviarias Perico y Palpalá en Jujuy son mejores, dado que cuentan con áreas de maniobra más espaciosas. Aproximadamente los últimos 300 kilómetros desde Palpalá hasta los proyectos mineros de Jujuy se transitan en camión. Si bien existe una estación ferroviaria más conveniente para la mayoría de las empresas, Laguna Seca (aproximadamente 70 kilómetros desde los proyectos mineros), el estado del ramal C14 (en donde se encuentra) y su pendiente complican la logística y aumentan sus costos, dado que se necesitan dos locomotoras en cada viaje. A pesar de estas cuestiones, las empresas mineras transportan carbonato sódico a través del ramal C14 desde Chile con el tren que opera Ferronor (empresa de transporte ferroviario), a través de su propio centro de trasbordo en Salar de Pocitos, donde opera una oficina de aduana.

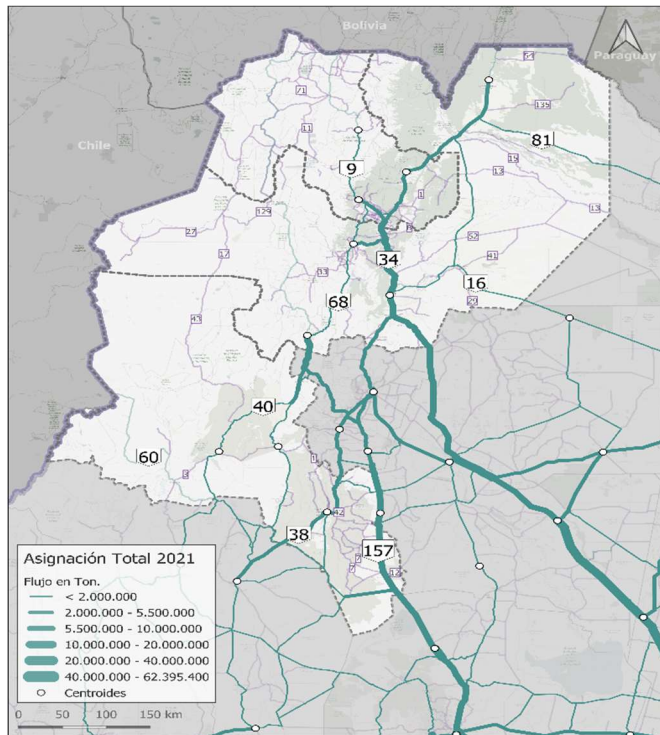
En general, la cal se transporta desde San Juan hasta Jujuy en camión a granel con tolva. **Sin embargo, los costos de transporte vial (camión) y ferroviario son casi iguales, si bien el tren es levemente más costoso.** El costo es de USD 75 por tonelada en el primer caso y USD 83 en el segundo (incluidas las tasas y maniobras camioneras). Las empresas mineras utilizan el transporte ferroviario por necesidad, debido a la baja disponibilidad de camiones. Sales de Jujuy utiliza 600 camiones por mes y planea duplicar o triplicar dicha

cantidad a más de 1200 camiones por mes. Caucharí-Olaroz/Exar tendrá una producción similar, que se traduce en 2500 camiones por mes solo entre estas dos empresas³⁶.

4.1.3. Pertinencia o importancia crítica de los activos de transporte para otros sectores económicos clave

Sobre la base de la MOD21 más reciente, los flujos de carga desde y hacia el NOA se asignaron a conexiones viales y ferroviarias específicas, respectivamente. **La conexión vial más importante en términos de flujos de carga total desde y hacia el NOA es la RN 34, con más de 10 millones de toneladas transportadas en 2021.** Dentro del NOA, también se destacan la RN 40, RN 9, RN 68 y RN 38, con varios millones de toneladas por año cada una. En cuanto a continuar conectando al NOA con los puertos de la costa Atlántica y con las provincias del sur, la RN 34 y la RN 157 presentan los volúmenes más elevados, de más de 10 millones de toneladas por año. Si bien la RN 16 registra volúmenes menores a 2 millones de toneladas por año, resulta importante para la conectividad del NOA con todo el Corredor Bioceánico que une el norte de Argentina con Brasil y Paraguay. El sector turístico en Jujuy también depende de la RN 52, por lo que compite con el tráfico que resulta de los proyectos mineros del área.

Gráfico 32: Volúmenes del flujo de carga desde/hacia el NOA, por ruta destacada



Fuente: Actualización de la MOD16 por parte del equipo del estudio

Las rutas que se identifican como de prioridad elevada para la intervención desde la perspectiva del sector de litio se concentran en la provincia de Salta, que aún hoy no cuenta con ningún proyecto de litio operativo, sino que varios se encuentran en etapa de desarrollo. En el cuadro 5 se resumen las principales rutas utilizadas para la minería de litio, junto con datos sobre los otros sectores que producen cargas y utilizan estas rutas del NOA en gran medida. Las rutas críticas identificadas en Salta no parecen ser particularmente pertinentes para los otros sectores generadores de cargas en la Provincia. Sin embargo, cabe destacar que en el cuadro no se incluyen los flujos actuales y futuros de insumos de producción de litio previstos (cal, carbonato sódico) ni las rutas más críticas para dichos insumos, dado que la matriz original de la MOD16 no marca una diferencia entre estos productos por su bajo volumen. Sin embargo, dichos insumos se consideran en las proyecciones presentadas posteriormente.

Cuadro 5: Otros sectores que producen cargas también utilizan muchas de las principales rutas para el sector del litio (2021)

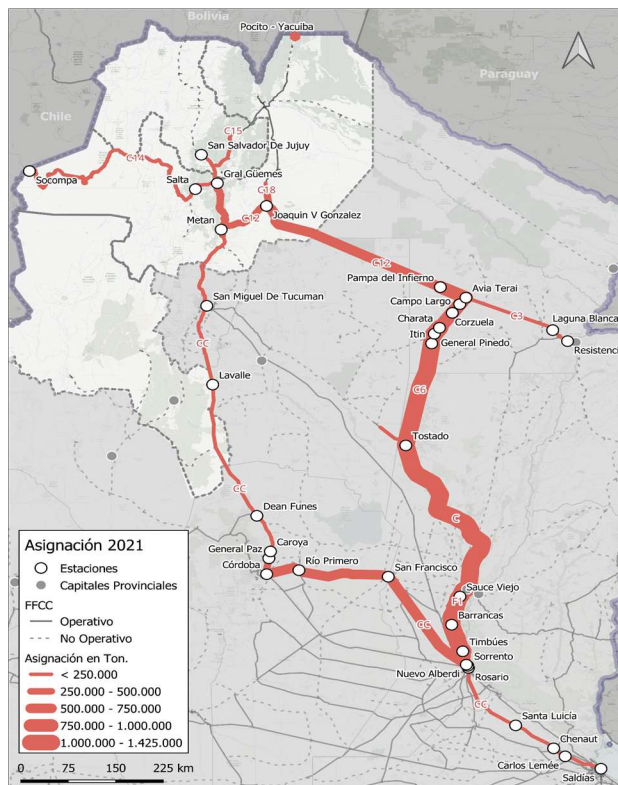
Origen	Destino	Volumen (t)	Rutas principales	Otros sectores que utilizan rutas
--------	---------	-------------	-------------------	-----------------------------------

³⁶ Entrevista con Allkem el 13 de diciembre de 2022.

Catamarca	Buenos Aires, Zárate, Bahía Blanca	20 000	RN 40	Minerales (piedra caliza, yeso, arcillas, boratos)
Salta	-	-	RP 17, 27 y 129 **	-
			RN 51 y 52 **	-
Jujuy	Buenos Aires	10 000	RN 34 *	Minerales (piedra caliza, yeso, arcillas, boratos); combustibles, granos (maíz, soja); productos regionales (azúcar, limón); semiterminados (cemento, papel, acero)
			RN 9 *	Combustibles; productos regionales (azúcar, limón); semiterminados (cemento, papel, acero)
			RN 66 y 52	-
			RP 70	-

Nota: (*) designa los corredores más importantes que requieren inversión; (**) designa las principales rutas mineras que requieren inversión de acuerdo con las entrevistas del equipo con los representantes del sector minero

Gráfico 33: Los volúmenes de flujo de carga desde/hacia el NOA en ferrocarril en 2021 fueron bajos y el ramal C12 transportó la mayor parte que se dirigía de oeste a este



Fuente: Actualización de la MOD16 por parte del equipo del estudio

Dentro del NOA, la conexión ferroviaria C14 (línea Belgrano) es la más importante si bien en términos de volumen transporta menos de 13 000 toneladas por año. El ramal C14 atraviesa la provincia de Salta de este a oeste y garantiza así la conectividad entre los principales centros de producción y la frontera con Chile, además del nodo logístico Güemes. De acuerdo con la matriz de carga actualizada (2021), los mayores volúmenes (de diversos materiales) se transportan desde el Salar de Pocitos hasta Socompa y en dirección opuesta. El ramal C14 también transporta ladrillos de Güemes a Tolar.

Las conexiones ferroviarias C12 y C15 también resultan clave para la conectividad con el NOA y, si bien son más cortas que el C14, transportan mayores volúmenes (>500 000 toneladas). El ramal C15 también conecta las principales áreas urbanas en Jujuy con Güemes y con el resto de Salta. El ramal C12 es el más relevante en términos de volúmenes que entran o salen directamente del NOA a través del ferrocarril, y particularmente conecta a Salta con el Chaco.

En la provincia de Catamarca, solo se encuentra operativo el ramal CC que pertenece al denominado corredor "azucarero" y corre en paralelo a la RN 157. El ramal CC es clave para conectar el NOA con las provincias del

sur del país; una Salta con Tucumán y también atraviesa el este de Catamarca. Ledesma es el principal usuario de los servicios ferroviarios de carga en el NOA, con alrededor de 8000 toneladas de producción por mes que se trasladan desde Jujuy hasta Buenos Aires. De esto, solo vuelven 240, por lo que el tren regresa a Ledesma vacío³⁷.

En la última década, con la ayuda de un préstamo del CAF por USD 326 millones, se realizaron mejoras en varios tramos del denominado corredor "cerealero" que atraviesa Salta, Tucumán, Formosa, Santiago del Estero y Santa Fe, uniendo Joaquín V. González (Salta) con Avia Terai (Chaco) y Rosario (Santa Fe). En total, la intención fue renovar 537 kilómetros de vías a lo largo de los ramales C12, C3, C y F1. Toda la planificación para el proyecto de minería de cobre Taca Taca contempla toda la exportación a través de los puertos chilenos (principalmente Mejillones) vía ferrocarril. Los volúmenes de oro y plata son mucho más bajos y todos parten de Argentina por los puertos del Atlántico.

Se prevé la prestación de un servicio ferroviario turístico³⁸ en Jujuy en el ramal que une la capital provincial con la ciudad de La Quiaca, que actualmente no está operativo, con vías faltantes y puentes caídos como resultado de las avalanchas recurrentes y la falta de mantenimiento. El principal medio de transporte que utilizan los turistas en la provincia de Salta es el auto particular. Sin embargo, según el Ministerio de Cultura, Turismo y Deportes, un número significativo de turistas (32 576 en 2018) arriban a la ciudad de San Antonio de los Cobres en Salta por el Tren a las Nubes, un circuito turístico en el ramal C14, e inicialmente utilizan transporte vial por la RN 51, debido al deterioro del ferrocarril entre la ciudad de Salta y la estación Alfarcito.

La Puna tiene un gran potencial de desarrollo turístico debido a sus atracciones naturales y riqueza cultural, pero el acceso es complicado por tierra y la falta de aeropuertos, además de la escasez de infraestructura y servicios en el área, lo que ha obstaculizado el desarrollo de la actividad. Las rutas y los ramales ferroviarios utilizados en las actividades mineras se comparten con el turismo, mientras que el desarrollo de servicios de alojamiento y restaurantes en la región son sinérgicos tanto para el turismo como para la minería.

4.2. Flujos de tráfico actuales y proyectados sobre las conexiones de transporte pertinentes identificadas: un enfoque de escenarios

4.2.1. Insumos y productos en el sector del litio

Se elaboraron dos escenarios para la expansión futura de la producción de litio y el uso de los insumos requeridos, para evaluar el impacto potencial sobre la demanda de transporte. En el escenario 1 se contempla la dinámica de producción de los dos proyectos que ya exportan carbonato de litio y el alcance previsto en la producción así como la disminución de la producción hacia el final del período (para 2045). Esto sigue los planes asociados a los proyectos de las empresas según lo definido en los planes de la fase 1. Además, el escenario 1 supone el inicio de la operación de los depósitos para los que ya se ha aprobado un EIA³⁹ con vistas a la construcción. Se contempla la capacidad de diseño técnico para estimar la producción, tal como se releva en el catálogo del proyecto de la Secretaría Nacional de Minería. Para calcular los insumos que se emplearán, se contemplan 4 toneladas de cal por cada tonelada de carbonato de litio equivalente producido; 2 toneladas de carbonato sódico por cada tonelada de carbonato de litio equivalente producido, y un factor de un 20 % más de carga de otros insumos químicos, que varían de acuerdo con la composición química del recurso de salmuera y el método de extracción.

³⁷ Entrevista con Allkem el 13 de diciembre de 2022.

³⁸ [Últimas noticias sobre Tren Jujuy - La Quiaca](#)

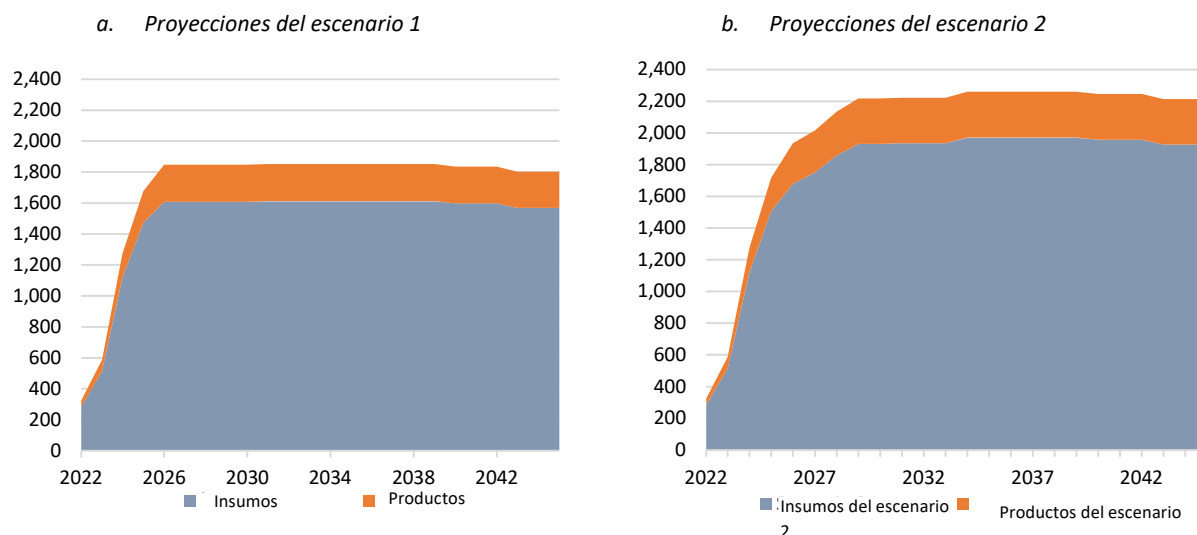
³⁹ Si bien es razonable que exista incertidumbre sobre si estos proyectos adicionales comenzarán a producir en el tiempo planificado, la aprobación de un EIA es un hito clave en el proceso de desarrollo de los proyectos que permite a las empresas comenzar la construcción.

El escenario 2 agrega al escenario 1 el crecimiento en la producción que resulta de la maduración de los diferentes proyectos, y contempla módulos de 5000 toneladas de crecimiento gradual, hasta alcanzar un adicional de 30 000 toneladas. La madurez de estos proyectos depende del grado del avance de la exploración (y la cantidad de reservas y recursos); el grado de madurez tecnológica del método de extracción de litio (en el caso de los métodos de extracción directa, aún se debe validar en condiciones operativas); la disponibilidad de los fondos del exterior; los precios de las sustancias químicas del litio, y el contexto macroeconómico de Argentina. Además, en el escenario 2 se incluyen la expansión de capacidades anunciada por los inversionistas actuales⁴⁰.

Por otro lado, entre las amenazas a la instrumentación de los nuevos proyectos de litio en Argentina se incluyen los extensos plazos para la gestión de permisos ambientales y licencias para iniciar la construcción; los intentos por regular los precios de las sustancias químicas del litio, con precios de referencia establecidos externamente; la curva de aprendizaje de las nuevas tecnologías de extracción, en particular para los métodos de extracción directa; cambios en la demanda de productos químicos del litio producidos en América del Sur debido a la puesta en marcha de las minas de roca de litio próximas a los centros de manufactura de baterías de litio y los cambios en la demanda de litio a causa del surgimiento de nuevas tecnologías de baterías.

En los dos escenarios se sugiere que los ingresos en la producción de litio crecerán de un volumen de 284 400 toneladas en 2002 a un rango entre 1 611 000 y 1 971 000 toneladas hacia 2031 (gráfico 34). Ante la ausencia de mayor certeza acerca de los proyectos de litio que se pondrán en marcha posterior al plazo indicado, se supone que la demanda de insumos permanecerá relativamente constante entre 2031 y 2045. Por otro lado, se proyecta un aumento de la producción de carbonato de litio desde 39 500 toneladas en 2022 a un volumen que oscila entre 241 000 y 286 000 toneladas en 2031. Dependiendo del escenario, se prevé que la producción proyectada y el uso de los insumos aumenten entre 5,5 y 7,2 veces en comparación con la actualidad.

Gráfico 34: Se proyecta un aumento de las cargas de insumos y productos de minería de litio hacia 2045 (miles de toneladas) de hasta al menos cinco veces



⁴⁰ Por ejemplo: El Proyecto Sal de Oro tiene una planta piloto operativa y los volúmenes se contemplan en el escenario 1, pero en el escenario 2 estos volúmenes crecen a partir de 2026 en 5000 toneladas anuales hasta 2029 (según lo anunciado por Sal de Oro para su segunda etapa de expansión).

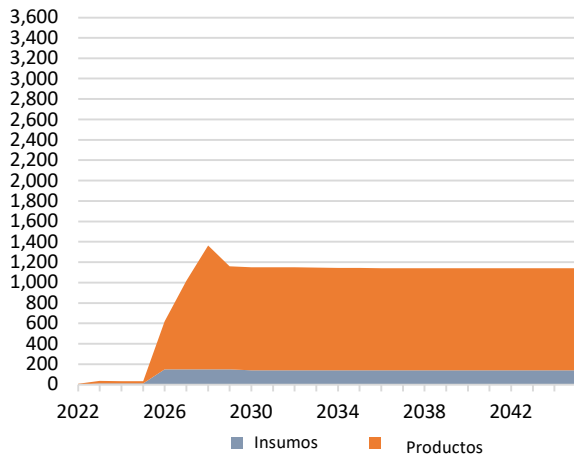
4.2.2. Otros bienes de minería

Además de los insumos y productos del litio, que se prevé sumarán un volumen total de entre 1,8 millones de toneladas y 2,2 millones de toneladas dentro de los próximos cinco años aproximadamente, se espera que los volúmenes totales comparables estén asociados con otros tipos de proyectos de minería en el NOA. En comparación con el litio, la relación insumo-producto para otros bienes de minería, como el cobre o la plata, es significativamente menor, aproximadamente a la inversa de la minería de litio; sin embargo, los volúmenes combinables de insumo-producto son más comparables (gráfico 35).

La planta de cobre Taca Taca dominará los volúmenes totales de la minería no relacionada con el litio, con alrededor de 140 000 toneladas anuales de insumos y cerca de 1 millón de toneladas de productos. En total, se espera que los volúmenes de producción e insumos a ser transportados desde y hasta las minas de cobre, plata, oro, zinc y plomo en el NOA aumenten de poco más de 8500 toneladas en 2022 a casi 620 000 toneladas hacia el 2026 y cerca de 1,15 millones de toneladas a partir del 2030. Si se consideran los insumos y productos de litio, el volumen total de productos mineros transportados hacia y desde el NOA aumentará de aproximadamente 332 000 toneladas en 2022 a casi diez veces esa cifra a partir de 2030. Esto implica un posible aumento equivalente en el número de camiones que circulan en las rutas nacionales y provinciales y locales específicas en las tres provincias, ante la ausencia de un cambio de modo al uso del ferrocarril.

Gráfico 35: Se proyecta un aumento de más de diez veces de las cargas de insumos y productos mineros hacia el 2045

a. Cobre, plata, oro, zinc y plomo (miles de toneladas)



b. Minería total (incluido el litio) (miles de toneladas)

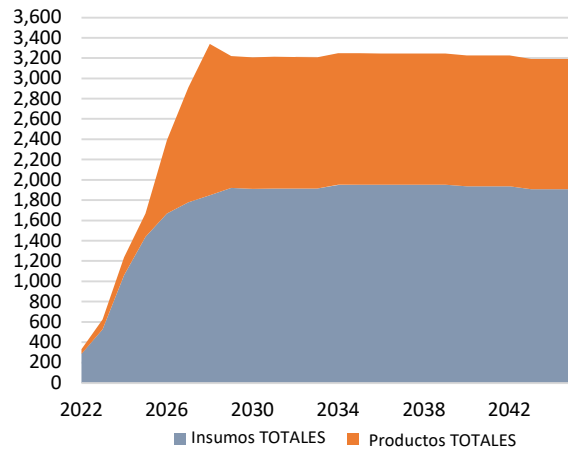
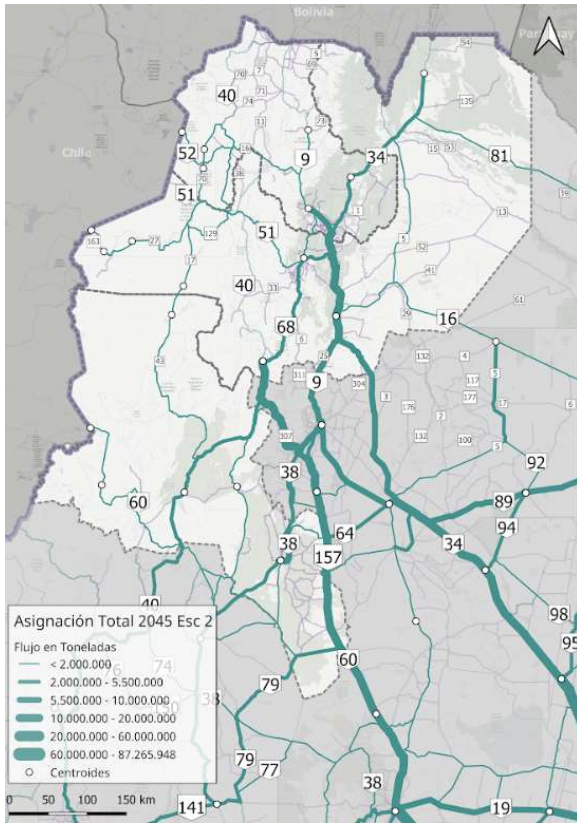
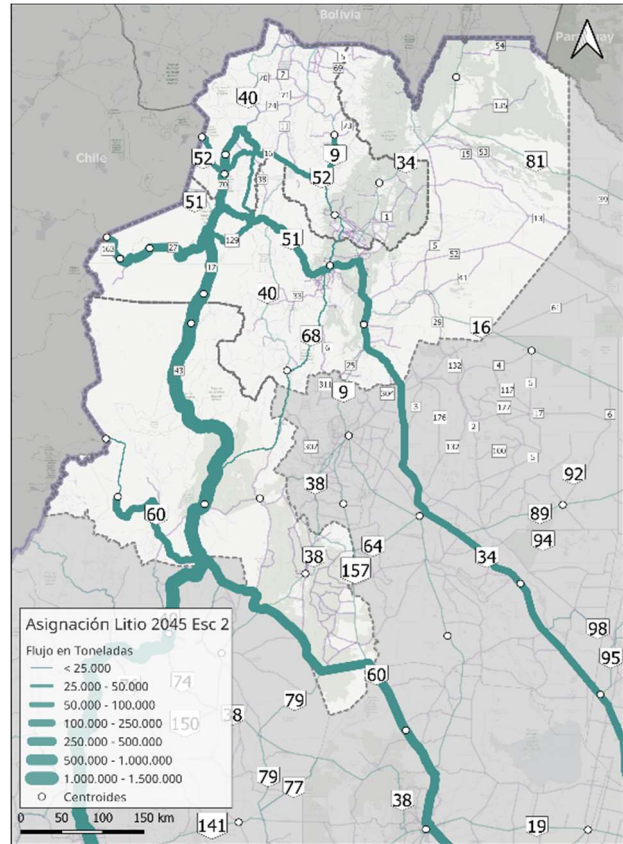


Gráfico 36: Los volúmenes de carga totales proyectados para 2045 según el escenario 2 se transportarán mayormente en las RN 34, 68, 9, 51 y 52, mientras que la RN 17 y la RN 43 serán de particular importancia para la minería de litio

a. Volúmenes totales (toneladas)



b. Volúmenes asociados al litio (toneladas)



Nota: Las escalas de volúmenes entre ambos gráficos son significativamente diferentes. Fuente: Elaborado por el equipo del estudio

Además del crecimiento del sector minero, otros sectores para el transporte también crecerán, incluidos la producción agrícola, los combustibles, el área industrial y los productos semiterminados, lo que suma a la demanda de una infraestructura de transporte adecuada al servicio del NOA (gráfico 36).

4.3. Accesibilidad de la última milla y otras necesidades de infraestructura

4.3.1. Acceso vial a la última milla

Con frecuencia, las empresas de minería de litio realizan sus propias inversiones en conectividad en la "última milla", particularmente en mantenimiento, de acuerdo con la información brindada por las empresas mineras en encuestas, informes técnicos NI 43-101, informes de factibilidad e informes de sostenibilidad (cuadro 6).

Cuadro 6: Las empresas de minería de litio del NOA están realizando diversas inversiones en el acceso vial a la última milla

Proyecto	Provincia	Etapa	Actividades/inversiones
Sales de Jujuy/Olaroz	Jujuy	Producción	La empresa realiza el mantenimiento de la RP 70 hasta la intersección con la RN 52, para lo que asigna USD 700 000 por año
Fénix	Catamarca	Producción	La empresa realiza el mantenimiento de la RN 51 entre Olacapato y Paso de Sico, el mantenimiento de la RP 43 entre Antofagasta de la Sierra y el emplazamiento del proyecto; el mantenimiento de la

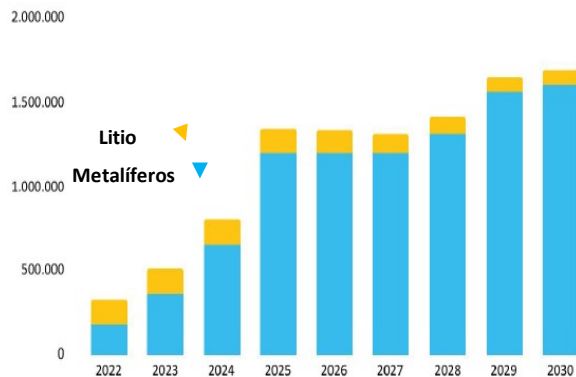
			RP 27 entre Pocitos y Salar del Hombre Muerto. Obras a través del fideicomiso Hombre Muerto: adquisición de equipos y materiales para el mantenimiento vial, repavimentación de la RP 43, construcción de puentes sobre los ríos El Bolsón y Cura Quebrada.
Caucharí-Olaroz/Exar	Jujuy	Construcción	La empresa construyó por su cuenta caminos internos dentro del área del proyecto minero
Centenario Ratones	Salta	Construcción	La empresa operadora mantiene una ruta minera que se conecta con la RP 129
Tres Quebradas	Catamarca	Construcción	La empresa operadora prevé el acondicionamiento futuro de la red vial para el tránsito de maquinaria pesada

Fuente: Secretaría de Minería (2023)

Otras empresas mineras también están invirtiendo en infraestructura vial en el NOA. En Salta, la empresa que opera la mina de oro Lindero construyó la ruta de acceso desde Tolar Grande hasta el proyecto. En Catamarca, la empresa que opera la mina de oro Farallón Negro construyó las rutas de acceso al proyecto, con una inversión de USD 80 millones.

4.3.2. Acceso a la electricidad y el gas

Gráfico 37: La minería metálfera es lo que impulsa la demanda de energía proyectada para el NOA 2022-2030 (megavatios-hora por año)

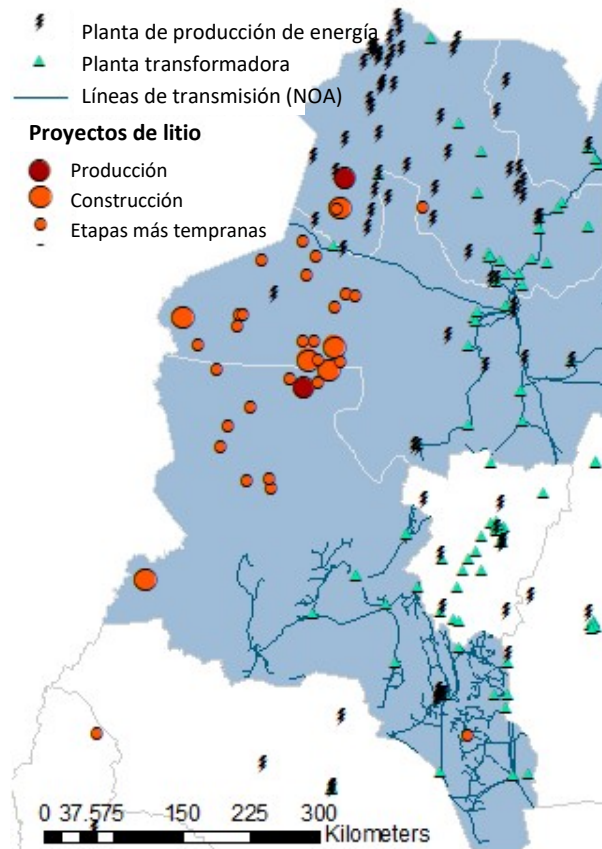


Fuente: Secretaría de Minería (2023)⁴¹

Se prevé un crecimiento significativo de la demanda de energía en el NOA, de alrededor de 400 000 megavatios-hora por año en 2022 a alrededor de cuatro veces esa cifra en 2030, aun si solo se consideran los proyectos de minería que se encuentran actualmente en producción y en construcción. El crecimiento será impulsado por la minería metálfera (como en Taca Taca), cuyos procesos requieren un uso más intensivo de la energía que el asociado con la extracción de litio. Los métodos de extracción directa exigirán un mayor uso de energía, en comparación con proyectos que aplican métodos de absorción. Además, si se instalan plantas productoras de carbonato sódico mediante el método de Solvay modificado, esto implicará el uso de grandes cantidades de energía.

⁴¹ Las estimaciones se basan en la potencia máx. declarada por las empresas y la producción anual anunciada.

Gráfico 38: La mayoría de los proyectos de litio se encuentran alejados de la infraestructura eléctrica



Fuente: IGN; *Global Solar Power Tracker* (Rastreador de energía solar global) (2022)

A nivel nacional, el Sistema Argentino de Interconexión Eléctrica (SADI), un sistema de red interconectado de 500 kW, atraviesa de norte a sur el país y se alimenta de generadores tradicionales y fuentes renovables. SADI consta de un sistema de transmisión de alta tensión y un sistema troncal; este último transporta la electricidad dentro de las regiones a través de plantas de generación y distribución. SADI suministra energía a algunos de los proyectos mineros, sin embargo, debido a la ubicación geográfica de los depósitos, la mayoría utiliza generadores en el lugar. Ninguno de los dos proyectos que actualmente producen litio está conectado al SADI. Las subestaciones eléctricas cercanas deben ser ampliadas de modo de agregar nuevos transformadores para soportar el aumento en la demanda, obras que, por lo general, pagan las empresas mineras. El Plan Federal de Transporte Eléctrico obtuvo la aprobación de financiamiento en julio de 2022. Entre las obras se incluye la ampliación del Sistema de Transporte de Energía Eléctrica por Distribución Troncal en cinco provincias, entre ellas, Catamarca (Secretaría de Minería, 2023).

El problema del acceso al gas es fundamental para el futuro de la producción de litio ya que, con los procesos actuales, no existe manera de producir con ningún otro tipo de energía más que el gas. El Sistema de Transporte de Gas Natural está interconectado desde los campos de producción hasta los grandes centros de consumo, tales como los desarrollos urbanos, los polos industriales y las usinas termoeléctricas. Los principales gasoductos de la región del NOA son Norandino, Atacama (cuenca del noroeste), Cornejo, Rosario y Norte. Este último transporta el gas natural importado desde Bolivia, atraviesa el norte de Argentina hasta la región pampeana. El gasoducto de Atacama es la principal fuente del sector minero. Específicamente en el NOA, la mayoría de los proyectos en construcción o en producción están conectados a los gasoductos de la Puna y Fénix, que se desprenden del gasoducto de Atacama. Su administración está a cargo de Recursos Energéticos y Mineros de Salta, S.A. (REMSA S.A.), una sociedad cuyo accionista mayoritario es el gobierno de Salta.

Algunas empresas de minería de litio producen toda o parte de la energía eléctrica que se consume en el proyecto y varias de ellas invierten para conectar los principales gasoductos (cuadro 7).

Cuadro 7: Las empresas de minería de litio en el NOA invierten significativamente en acceso a la energía

Proyecto	Provincia	Etapa	Actividades/inversiones
----------	-----------	-------	-------------------------

Salas de Jujuy/Olaroz	Jujuy	Producción	Conexión con el gasoducto de Atacama; generadores diésel en el lugar; la empresa también está construyendo un gasoducto de 40 km y destina USD 215 000 al año en mantenimiento.
Fénix	Catamarca	Producción	Gasoducto Fénix (135 km); generación propia, planta industrial (Güemes): energía eléctrica y gas
Caucharí-Olaroz/Exar	Jujuy	Construcción	Conexión con el gasoducto Atacama; cuatro generadores diésel de respaldo y de emergencia; la línea eléctrica y la subestación tienen un costo de USD 16,4 millones; la obra del gasoducto costará USD 7,3 millones.
Centenario Ratones	Salta	Construcción	Conexión con el gasoducto Fénix; planta de compresión próxima a Río de las Burras; se estima una inversión total de USD 54 millones realizada por la empresa en una planta de compresión, el gasoducto y una planta eléctrica.
Salar del Rincón	Salta	Construcción	Se prevé una conexión de un gasoducto con el gasoducto de Atacama; un sistema híbrido (eléctrico/térmico) satisface las necesidades eléctricas con una línea de 345 kV prevista desde San Antonio de Cobres.
Tres Quebradas	Catamarca	Construcción	Un sistema de gas abastece las necesidades de energía eléctrica mediante generadores de gas y paneles fotovoltaicos.
Sal de Vida/Galaxy	Catamarca	Construcción	Se espera un gasoducto que se conecte al gasoducto de Atacama; 6 MW de capacidad de generación eléctrica instalada (generadores a gas).
Sal de Oro	Catamarca	Construcción	Conexión con el gasoducto Fénix; las necesidades de energía eléctrica <i>upstream</i> están garantizadas por generadores a gas; se utilizarán líneas de media tensión para la distribución eléctrica desde la usina eléctrica hasta la planta de procesamiento; para las necesidades de energía eléctrica <i>downstream</i> , línea eléctrica desde la usina eléctrica Güemes; la empresa invirtió USD 54,1 millones para instalar energía eléctrica en los salares y USD 5,53 millones para alimentar la planta de procesamiento.

Fuente: Secretaría de Minería (2023)

El NOA tiene un enorme potencial de generación fotovoltaica, con valores que alcanzan los 2330 kilovatios-hora/kilovatios-pico (Grupo Banco Mundial, 2023), lo que potencialmente genera una gran necesidad de almacenamiento en baterías en el futuro y el suministro de energía para el sector del litio y otros sectores de producción. El aporte de la energía renovable a la fuente nacional de energía de la Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico Sociedad Anónima (CAMMESA) en 2022 aumentó un 10,7 % comparado con 2021. En particular, la energía solar abastecida al sistema fue la que más creció, un 33,4 % en comparación con 2021 (CAMMESA, 2023). Las provincias que contribuyen con el mayor volumen de energía fotovoltaica son Salta y Jujuy, tal como se resume en el cuadro 8, que enumera las instalaciones fotovoltaicas en los parques solares responsables del suministro al sistema nacional interconectado (sin considerar la generación distribuida a pequeña escala). La energía solar también alimenta las ciudades de la Puna, la mayoría de las cuales están aisladas del SADI.

Cuadro 8: La capacidad fotovoltaica total instalada en Jujuy, Salta y Catamarca es de casi 600 megavatios.

Provincia	Salta	Jujuy	Catamarca
Capacidad solar instalada (MW)	208	315,79	73
Superficie que ocupan los paneles solares (ha)	350	800	70
Producción anual estimada (MWh por año)	362 000	609 000	130 000

En la actualidad, en el NOA se encuentran dos importantes parques fotovoltaicos: Parque Solar Caucharí y Parque Solar Altiplano 200. En Jujuy, el Parque Solar Caucharí, a 4020 metros por encima del nivel del mar, ha funcionado desde el 2020 y es el más grande de América del Sur. Es propiedad de la empresa estatal JEMSE. Caucharí consta de tres parques fotovoltaicos (I, II y III), cada uno con 105 megavatios, que incluyen un total de 1,2 millones de paneles solares instalados a lo largo de 800 hectáreas y tiene una capacidad de producción anual estimada de 750 000 megavatios⁴⁴. La energía producida contribuye al Sistema Argentino de Interconexión Eléctrica a través de una línea de 345 kilovoltios a 330 kilovoltios en la Estación Transformadora Cobos en Salta, que se conecta con una línea de alta tensión de 500 kilovoltios. Cerca de este proyecto, también se encuentra el segundo proyecto de energía fotovoltaica más grande del país, el Parque Solar Fotovoltaico Altiplano 200, propiedad de la firma francesa Neoen. El parque se encuentra en la ciudad de Olacapato, Salta, con una capacidad total de 200 megavatios que cubren 350 hectáreas. La inversión total en construcción se estimó en USD 313 millones, se generaron 462 puestos de trabajo durante la etapa de construcción y 20 puestos permanentes de mantenimiento.

De hecho, algunas empresas de litio ya utilizan fuentes de energía limpia y otras están considerando su uso en el futuro, principalmente la fotovoltaica (Secretaría de Minería, 2023). En el caso de los proyectos operados por Allkem, el Parque Solar Caucharí suministra la energía, y la empresa cuenta con un sistema de recuperación de calor que hace más eficiente el uso del gas. El objetivo de la empresa es transformarse en una empresa neutra en carbono hacia el año 2035. En Sal de Vida, Allkem está iniciando un proyecto de generación híbrida (turbina de gas + solar)⁴⁵. Del mismo modo, existen varios proyectos de litio en construcción, como Tres Quebradas o Centenario Ratonos, que ya cuentan con paneles de generación fotovoltaica, y Caucharí-Olaroz/Exar (Jujuy) con planes para instalar un parque de paneles solares fotovoltaicos. En el caso de Centenario Ratonos (Salta), se estima que, durante la primera fase del proyecto, hasta el 20 % de la energía será fotovoltaica. En el marco del proyecto Mariana, en Salar de Llullaillaco, se prevé abastecer la demanda de energía a través de paneles fotovoltaicos complementados por generadores diésel o duales (Secretaría de Minería, 2023).

5. Costos y oportunidades de la infraestructura de transporte

5.1. Necesidades de mantenimiento vial significativamente mayores

Teniendo en cuenta el marcado aumento anticipado en el tránsito vial y las cargas desde y hasta las minas, combinado con mayores riesgos climáticos, se prevé que las necesidades y los costos en el mantenimiento vial en las tres provincias aumenten significativamente. Los camiones pesados pueden causar daño a las superficies viales con el paso del tiempo, en particular en áreas donde las rutas no están diseñadas para dicho tránsito pesado, lo que provocaría baches, grietas y otros daños que pueden aumentar el riesgo de accidentes o dañar los vehículos. El costo adicional de mantenimiento para absorber el impacto de las cargas excesivas oscila entre USD 5,35 millones y USD 12,48 millones por cada 100 kilómetros, cada 10 años, de acuerdo con los volúmenes vehiculares y las sobrecargas. A fin de abordar las cargas cada vez más pesadas, será necesario

⁴² REMSA <https://remsa.gob.ar/energias-renovables>

⁴³ JEMSE <https://jemse.gob.ar/energias-renovables/>

⁴⁴ Datos obtenidos de la presentación de una empresa en octubre de 2022 - San Salvador de Jujuy.

⁴⁵ Entrevista con Allkem el 13 de diciembre de 2022.

incluir una regularidad mayor entre 1,5 centímetros y 3,5 centímetros en las políticas de mantenimiento, con un refuerzo periódico previsto cada 10 años. En el anexo 3 se proporcionan cálculos detallados de los mayores costos asociados a la regularidad y el mantenimiento del asfalto necesarios para soportar las sobrecargas.

El costo de mantenimiento total incremental para toda la red utilizada por la industria del litio para llegar a Rosario se estima en USD 119 millones cada 10 años, a un ritmo de USD 74,400 por kilómetros, cada 10 años.

Aquí se considera una distancia promedio de 1600 kilómetros desde cada provincia hasta el puerto de Rosario (440 kilómetros en donde hay rutas que atraviesan cada provincia y 1160 kilómetros se extienden a lo largo de un corredor compartido por los tres flujos). Se realizó un cálculo separado para el tramo de la RN 34 entre Jujuy y Rosario que muestra que el mantenimiento necesario para una sobrecarga del 10 % se estima en USD 70,97 millones cada 10 años (USD 53 500 por kilómetro). En el caso de una sobrecarga del 20 %, el costo de mantenimiento adicional es de USD 130,1 millones⁴⁶ cada 10 años (USD 98 000 por kilómetro).

A fin de garantizar la calidad del servicio, la red vial provincial que soporta el transporte de la industria del litio también deberá recibir mantenimiento de forma periódica. De acuerdo con las estimaciones que incluyen un volumen vehicular promedio de 1000 vehículos por día y una regularidad adicional del asfalto de 2 centímetros cada 10 años para soportar la carga adicional, se necesitará una inversión de USD 71 310 por kilómetro cada 10 años o de USD 7130 por kilómetro anualmente.

Además del aumento sustancial previsto en el tráfico de camiones, como resultado de la ampliación del sector minero, que aumentará aún más la necesidad de un mantenimiento adecuado de la red vial en el NOA, algunas de las rutas de transporte de carga más importantes presentan una elevada vulnerabilidad a eventos climáticos, en particular, inundaciones extremas. Un estudio reciente del Banco Mundial aplicó un abordaje de sistema de sistemas para cuantificar el impacto del riesgo de inundaciones inducido por el cambio climático en la red de transporte de Argentina, en donde se analizan tanto el escenario de inundación actual como el futuro y se examinan las subsiguientes interrupciones en la red de transporte y las pérdidas económicas directas e indirectas asociadas (véase GFDRR, 2021). Se identificaron varias rutas en el NOA, incluidas aquellas particularmente pertinentes para el sector de la minería de litio, entre las principales rutas en toda Argentina en términos de los grandes daños y pérdidas que implicaría su fracaso en el panorama climático de referencia y futuro (para interrupciones de 10 días o menos). Entre ellas se incluyen los tramos de la RN 51 en Salta, una de las rutas del NOA que concentrará los mayores volúmenes de carga vinculada a la minería de litio, en los que los daños y pérdidas totales a nivel del tramo, asociados con dicho evento, son de alrededor de USD 3,8 millones y podrían aumentar aproximadamente un 8 % en el futuro. Otras rutas que figuran en posición relevante en la lista son la RP 4 y la RN 60 en Catamarca (pérdidas iniciales de USD 2,4 millones y USD 2,1 millones, respectivamente, para los tramos seleccionados); se prevé que la última sea utilizada para el transporte de grandes cantidades de insumos de minería de litio, en particular. Del mismo modo, se calcula que varios puentes de las provincias de Salta y Jujuy sufran los mayores costos por interrupciones relacionadas a eventos climáticos en Argentina: a lo largo de la RN 9 y RN 34 en Salta y la RN 9 en Jujuy. En el mismo estudio, mediante la evaluación de las opciones para modernizar las rutas y puentes vulnerables de modo que cumplan con los estándares de resiliencia climática en todos los panoramas climáticos, se revela que la RN 34 y la RN 9 en Salta y los puentes a lo largo de la RN 9, tanto en Salta como en Jujuy, están incluidos dentro de las 20 principales infraestructuras en la nación en términos de relación costo-beneficio de dichas medidas, por ejemplo, el reemplazo del asfalto por bitumen, en algunos casos supera el puesto 6.

⁴⁶ Considerando el promedio de costos para una sobrecarga del 20 por ciento para 3000 vehículos por día y 5000 vehículos por día.

5.2. Oportunidades para un cambio de modo vial a ferroviario

Las largas distancias presentan desafíos y oportunidades para el sistema de transporte argentino; desde una perspectiva positiva, convierten al ferrocarril en una opción viable. El sistema ferroviario de carga argentino tiene una red con un total de 28 527 kilómetros, de los cuales 17 856 kilómetros se encuentran actualmente operativos. Existen tres tipos principales de trochas: trocha ancha (60 % de la red); trocha media, también denominada estándar e internacional (8 %), y trocha métrica o angosta (30 %). La mayoría de los ferrocarriles argentinos, en especial los operados por las concesionarias, han logrado mejoras en la productividad a pesar de los menores niveles de actividad, y la DNPTCyL contempla el potencial de trasladar alrededor del 10 % de la carga interurbana total al transporte ferroviario. En el norte de Argentina, la red ferroviaria está lo suficientemente dispersa, por lo que brinda una oportunidad de cambio modal, aun cuando la Argentina actualmente se encuentra entre los niveles más bajos de participación ferroviaria del transporte de carga en América Latina y el Caribe (4 %), incluso debido al servicio no competitivo y a la incapacidad de una correcta conexión con los sitios de exportación (puertos) (Banco Mundial, 2021).

El cambio potencial del transporte de carga vial a transporte ferroviario en el NOA se estimó para el año objetivo 2045. En el anexo 1 se muestra la metodología detallada para la proyección de las matrices viales y ferroviarias ante la ausencia de un cambio de modo. La metodología para el cálculo del cambio potencial del modo de transporte se basa en la metodología desarrollada por el Ministerio Nacional de Transporte, descripta en el informe "Análisis de derivabilidad de carga del modo vial al modo ferroviario", publicado en diciembre de 2019, que se basó en la MOD2014.

En la metodología para el cálculo del cambio potencial de modo se consideran varios criterios que determinan la posibilidad de cambiar la carga de un modo a otro, como el acceso al ferrocarril, la distancia, el volumen y el tipo de carga. En primer lugar, se analiza si el par origen-destino tiene una infraestructura ferroviaria operativa que permita el transporte entre ambos puntos. En el caso determinado, mediante las proyecciones de litio, cobre y sus insumos se pueden identificar los puntos de origen y destino exactos. Las minas de litio ubicadas en los alrededores del Salar del Hombre Muerto pertenecen, según el caso, a la zona ACA (Salta) o KBE (Catamarca). En los casos en los que la zona donde se ubica la mina no contaba con una estación ferroviaria, pero estaba físicamente próxima a una línea ferroviaria, se consideró un posible acceso al ferrocarril, pero con un viaje adicional en camión. En segundo lugar, si había acceso al ferrocarril, se analizó la distancia por ferrocarril en relación con la distancia por ruta para el mismo par de origen-destino. Si la distancia era menor a 200 kilómetros por ferrocarril, se consideró que no había potencial para el cambio a dicho modo de transporte. Si la distancia era entre 200 kilómetros y 400 kilómetros, había potencial de cambio al ferrocarril, suponiendo que dicha distancia no excedía la distancia por ruta en más de un 30 %. Para una distancia ferroviaria entre 400 kilómetros y 800 kilómetros, sería posible un cambio siempre y cuando esta no excediera la distancia por ruta por más del 40 % y, en el caso de distancias ferroviarias superiores a 800 kilómetros, el cambio de modo solo sería posible con una relación máxima de distancia ferroviaria/vial de 1,5. El punto de referencia supone la finalización de las obras proyectadas del Belgrano Cargas (ilustradas anteriormente en el gráfico 19), incluidas las mejoras de los 800 kilómetros de vías descriptas en el apéndice V (detallado en el cuadro 3). El cálculo no depende de la habilitación del acceso abierto, dado que el Belgrano Cargas (la única empresa pública operativa de la línea Belgrano) posee nuevas locomotoras y vagones en esta línea en particular y que los volúmenes transportados han aumentado durante dos años consecutivos.

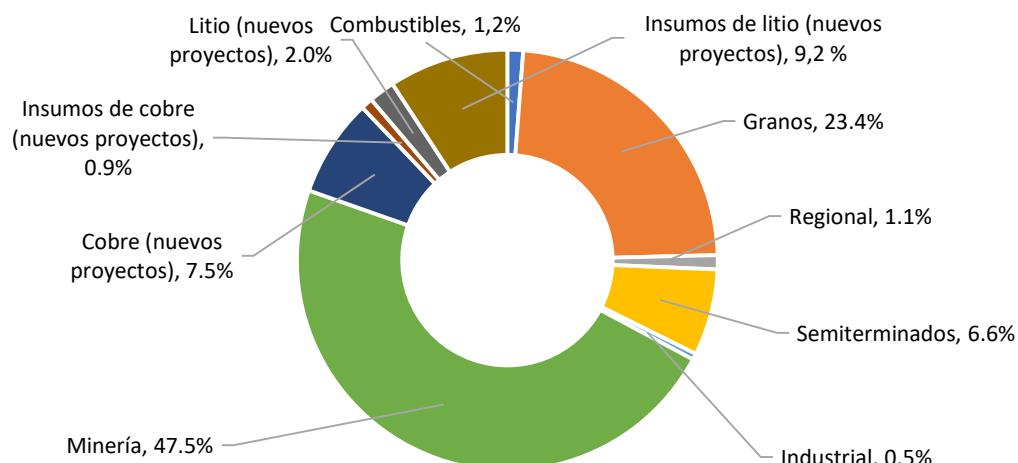
Se supone que la producción de cobre se destinará a los puertos de Antofagasta y Mejillones en Chile⁴⁷. Del mismo modo, tanto los insumos para la extracción de cobre como parte del carbonato sódico para los proyectos de litio arribarán desde los puertos chilenos. En estos casos, se tuvo en cuenta la distancia vial y ferroviaria completa (hay continuidad de red entre ambos países) desde el puerto hasta los alrededores del depósito de carga.

Por último, los porcentajes del cambio potencial del modo vial al ferroviario se establecen considerando el tipo de producto, la distancia por ferrocarril y el volumen transportado. En la metodología de cálculo del cambio potencial del modo de transporte aplicada por el Ministerio de Transporte se incluyen granos, minería, productos semiterminados e industrializados. A fin de analizar el potencial para el cambio de modo para los productos e insumos de los sectores del litio y cobre, se aplicaron los criterios considerados para los "productos mineros". El potencial para el cambio de modo de los combustibles se estimó en base a los criterios aplicados en productos industrializados, a excepción del gas, cuyo cambio de modo es poco probable. No se tuvieron en cuenta los grupos de "carne y animales vivos" y de productos "lácteos y de pescadería" para el análisis sobre el potencial del cambio de modo, dado que su transporte exige condiciones que hacen improbable su traslado por ferrocarril.

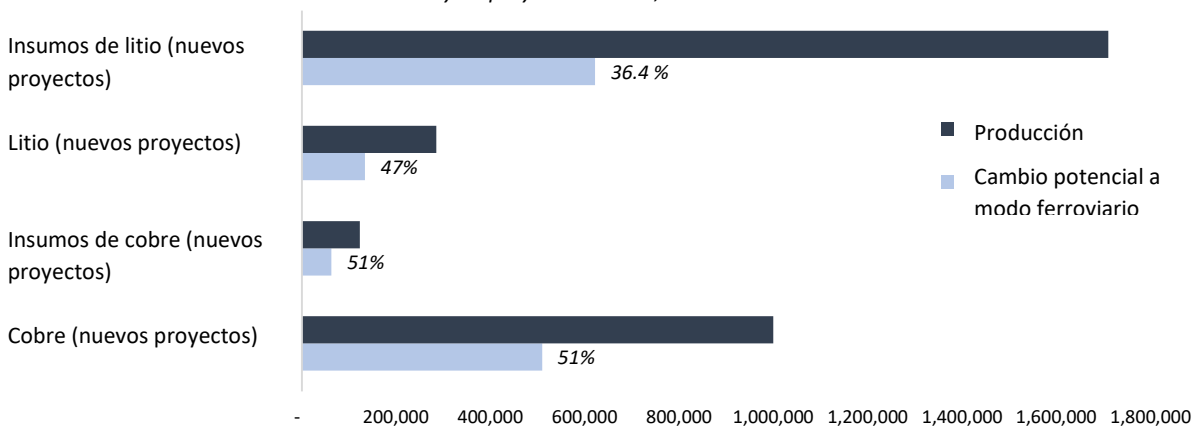
Se podrían cambiar alrededor de 6,72 millones de toneladas con origen y/o destino en el NOA de modo vial a ferroviario. Esto representa el 15,2 % del tránsito vial proyectado para 2045 con punto de origen y/o destino en estas provincias. Los productos de minería, el cobre, el litio y los insumos asociados con la producción de ambos productos de minería, representan dos tercios de los volúmenes de carga que podrían cambiar a modo ferroviario (específicamente, los nuevos proyectos de minería de cobre y litio representarían 1327 millones de toneladas, o el 19,6 % de toda la carga que podría convertirse a modo ferroviario) (gráfico 39). En orden de importancia, siguen los granos (23,4 %) y los productos semiterminados (6,6 %). En las proyecciones para la línea del ferrocarril Belgrano según el escenario principal (escenario 2 presentado en la sección 4.21), se prevé un total de 3,85 millones de toneladas para 2045 (en 2022, movilizó 2,8 millones de toneladas). De este total, 1,62 millones de toneladas (42,1 %) tendrían como punto de origen y/o destino una de las provincias del NOA.

Gráfico 39: La minería, los granos y el litio tienen un alto potencial de cambio de modo vial a modo ferroviario
a. Composición de la carga total que podría cambiar a modo ferroviario

⁴⁷ Entrevista con Taca realizada el 19 de diciembre de 2022.



b. Cambio potencial a modo ferroviario dado que la participación de la producción en nuevos proyectos de cobre es del 51 % y en proyectos de litio, el 47 %.



Fuente: Elaborado por el equipo del estudio

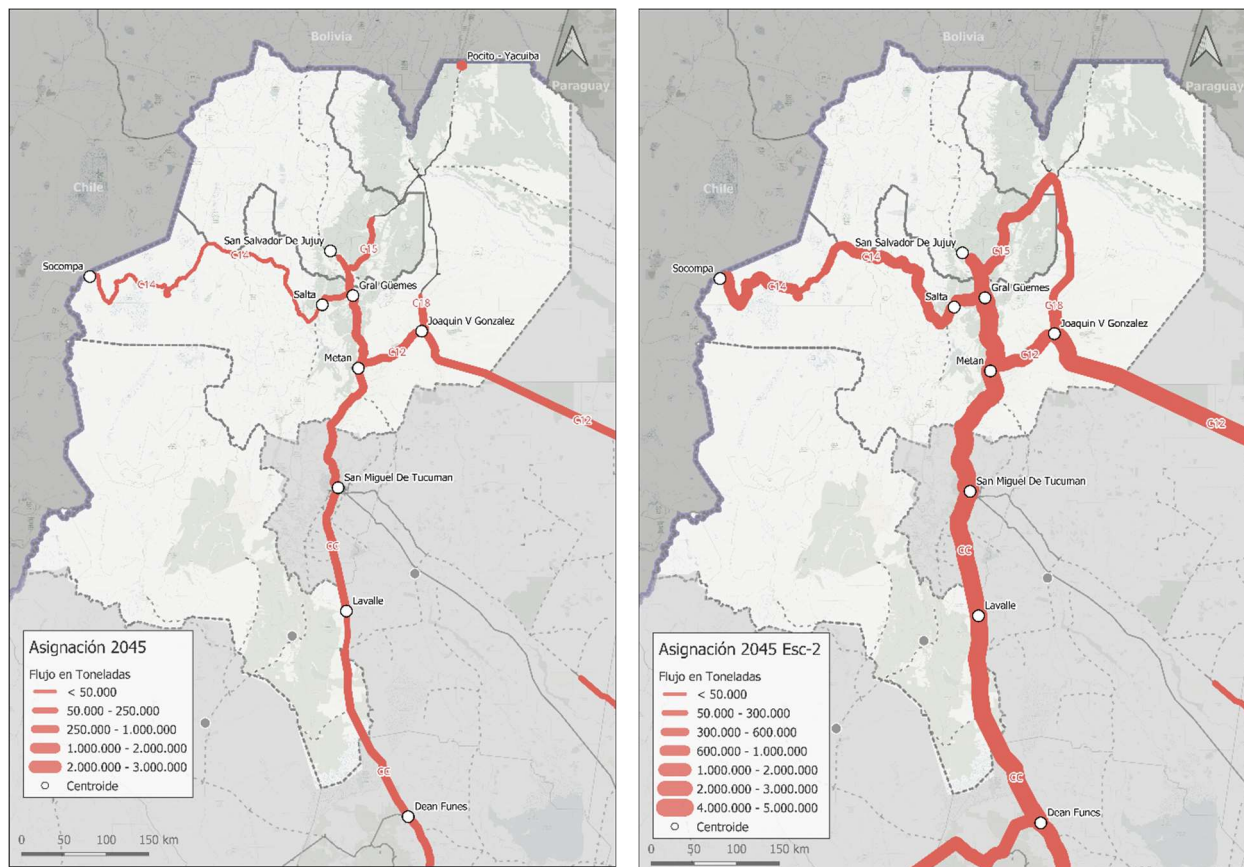
Se prevé que la nueva producción de cobre y su demanda de insumos alcanzaría 1,12 millones de toneladas para 2045, de las cuales el 51 % podría trasladarse al ferrocarril (incluido específicamente el tramo C14). El flujo circularía desde los puertos de Antofagasta hasta la mina de Taca Taca y viceversa. Hacia el 2045, se proyecta que la nueva producción de litio será de 285 000 toneladas, de las cuales 134 000 toneladas (47 %) podrían cambiarse a modo ferroviario. No hay desvío en el caso de la mina Tres Quebradas, ya que no hay acceso cercano al ferrocarril. Con respecto a los insumos para la producción minera, el 95 % de la cal para nuevos proyectos podría provenir de San Juan y el resto de Tumbaya, en la provincia de Jujuy. El transporte de la cal proveniente de Jujuy no puede cambiarse al modo ferroviario dado que la línea del ramal específico no se encuentra operativa. En el caso del carbonato sódico, se contempló un escenario en donde el 50 % de su importación provendría de los puertos de Buenos Aires y el otro 50 %, de los puertos chilenos. En total, de los 1,7 millones de toneladas de insumos para la extracción de litio, el 36,4 % podría trasladarse en ferrocarril. En la actualidad, el ramal C14 transporta un poco menos de 13 000 toneladas, y se prevé que aumente a 18 000 toneladas para 2045 ante la ausencia de un cambio en el modo de transporte vial hacia el transporte ferroviario. La perspectiva de los proyectos mineros en consideración permitiría sumar más de 1327 millones

de toneladas a este ramal, lo que llevaría a un volumen total de alrededor de 1346 millones de toneladas (gráfico 40).

Gráfico 40: Un cambio al modo ferroviario duplicaría los volúmenes transportados en algunos ramales hacia el 2045.

a. Escenario de referencia

b. Suponiendo un cambio de modo vial a ferroviario (escenario 2)



Fuente: Elaborado por el equipo del estudio

Los resultados según el escenario conservador (en el que no se materializa el proyecto Sal de Oro en Salta) son muy similares, dados los bajos volúmenes asociados con el sector del litio en relación con los volúmenes totales transportados en la región del NOA. En este caso, el volumen de carga que podría pasar a modo ferroviario se reduce a 6,61 millones de toneladas, lo que equivale al 14,9 % de la carga vial total con punto de origen y/o destino en el NOA. De esto, los productos mineros, el cobre, el litio y los insumos representan el 66,4 %. De la producción proyectada de litio de 235 000 toneladas, alrededor de 109 500 toneladas (47 %) podrían transportarse por ferrocarril; de 1,41 millones de toneladas de los insumos para la producción de litio, 495 000 toneladas (35,1 %) podrían transportarse por ferrocarril. En el ramal C14, se podrían transportar aproximadamente 1,2 millones de toneladas en total.

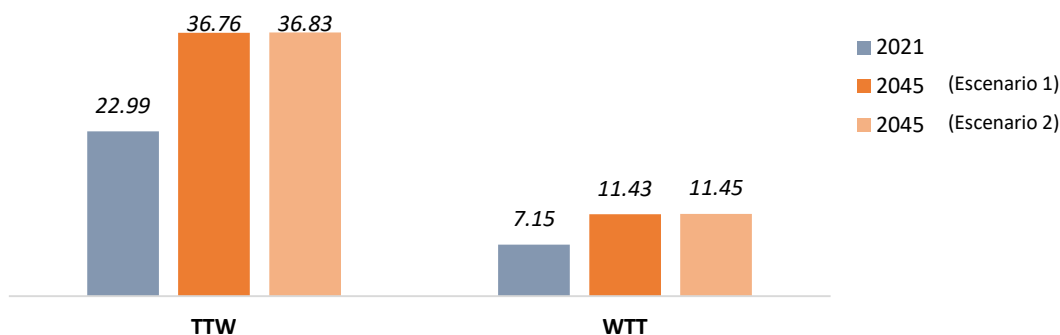
5.3. Beneficios de la reducción prevista de las emisiones con el cambio potencial del modo

Si se logra el cambio potencial de transporte de carga vial a ferroviario, se alcanzarán reducciones en las emisiones de alrededor de 36,8 millones de toneladas de CO₂ para el 2045, si se incluyen las emisiones TTW (del depósito a las ruedas)⁴⁸:

- De acuerdo con el escenario 2 para la producción de litio, en donde 6,77 millones de toneladas de carga (15 % del tránsito) cambian a modo ferroviario, se podrían reducir aproximadamente 36,8 millones de toneladas métricas de emisiones de CO₂ de TTW por año.
- En el escenario 1, con un cambio potencial de modo de 6,61 millones de toneladas, se podrían reducir las emisiones TTW en alrededor de 36,7 millones de toneladas métricas de CO₂ por año.

De acuerdo con el abordaje del cálculo de pozo a tanque (WTT), que también representa el ciclo de vida completo del combustible, las reducciones anuales de emisiones como consecuencia de un cambio de modo serían de 11,4 millones de toneladas de CO₂ por año hacia 2045 (gráfico 41).

Gráfico 41: Las reducciones estimadas de emisiones de CO₂ por año como consecuencia del cambio de modo vial a ferroviario (millones de toneladas) alcanzan los 36,83 millones de toneladas métricas de CO₂ por año



Fuente: Elaborado por el equipo del estudio

6. Los impactos más amplios de los "corredores de litio"

6.1. Efectos económicos y laborales multiplicadores a nivel local

En 2021, el sector minero de la Argentina generó alrededor de 34 000 puestos de trabajo formales directos⁴⁹ (58 % más que en 2007, impulsado por el crecimiento en el empleo en empresas mineras privadas). En el sector del litio se generaron directamente 2048 puestos de trabajo formales registrados, de los cuales 1566 estuvieron asociados a la producción de litio y 462, a la exploración. Con frecuencia, el ciclo de vida de una mina se divide en cinco fases: exploración, construcción, operación o producción, cierre y poscierre. Las etapas que más trabajo generan son la construcción del emplazamiento y, en menor grado, la producción que, según el caso, puede durar décadas (Schteingart y otros, 2022).

Por lo general, la minería, incluida la minería de litio, es una actividad que demanda mucho capital, por lo que el empleo directo generado, en particular en la minería metalífera, es menor que para otros sectores

⁴⁸ TTW mide las emisiones solo durante la operación del vehículo. En el anexo 4 se incluyen detalles sobre las estimaciones de la reducción de emisiones.

⁴⁹ Se incluye el empleo en empresas privadas cuya actividad principal es la minería (27 245 puestos de trabajo), aquellas cuya actividad principal no es la minería pero están vinculadas a la industria (3662 puestos de trabajo), y empresas públicas del sector minero (2918 puestos de trabajo) (Schteingart y otros, 2022).

económicos, por cada peso que se invierte. Sin embargo, la minería metalífera y la minería de litio pueden tener una relación virtuosa con otros sectores: la industria manufacturera, la construcción, el comercio, los servicios profesionales y los restaurantes y hoteles. En estudios recientes se estima que el sector minero genera alrededor de dos puestos de trabajo *indirectos*⁵⁰ por cada puesto de trabajo directo si se consideran los proveedores del primer anillo, como la industria, la construcción, el transporte, los servicios profesionales, la gastronomía, el hospedaje, etc. Además, el factor multiplicador del empleo es mayor en la minería metalífera y la minería de litio que en el resto de la minería (2,32 versus 1,40, si se cuentan únicamente los proveedores del primer anillo), lo cual es obvio dado que las actividades que demandan capital tienden a tener mayores vínculos con otros sectores, en comparación con las actividades que requieren mano de obra intensiva.

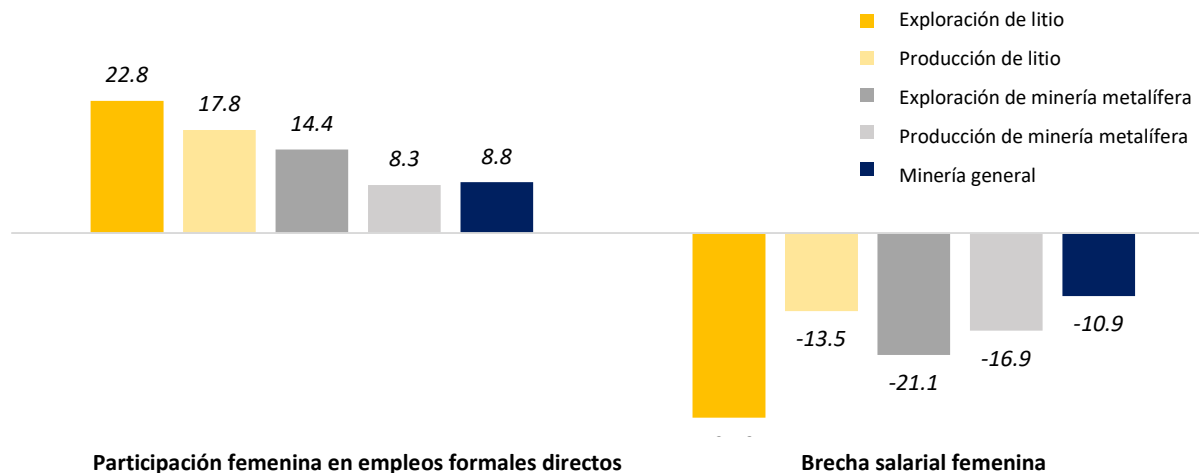
En la provincia de Salta, si bien hubo una caída en el empleo privado total del 1,7 % entre enero de 2020 y 2022, el sector de Minería y Canteras se caracterizó por generar la mayor cantidad de puestos de trabajo, con un crecimiento del 12 %, impulsado por la extracción de minerales metálicos (crecimiento del 35 %), la extracción de otros minerales (16 %) y actividades complementarias para el petróleo y la minería (6 %) (Secretaría de Minería, 2022e). En la provincia de Catamarca, el empleo del sector privado durante el mismo período aumentó un 8,5 %, uno de los índices más altos de Argentina, impulsado principalmente por la industria y la minería, incluidas las actividades asociadas. Tras una tendencia a la baja debido al cierre de Alumbreira en 2018, el empleo en minería atravesó un resurgimiento significativo a causa del litio y el cobre (Secretaría de Minería, 2022d).

En el sector minero, el salario también tiende a ser mejor que el promedio, un 97 % por encima de la media total de Argentina en 2021. En las provincias donde predomina la minería metalífera y de litio, incluidas Jujuy, Salta y Catamarca, los salarios del sector minero son aproximadamente 2,5 a 3,5 veces superiores que el promedio de salarios del sector privado general (Schteingart y otros, 2022). Los salarios más elevados se deben, en parte, a la mayor cantidad de horas trabajadas por semana, en promedio. Además, en particular en la minería metalífera, el nivel educativo tiende a ser superior que el promedio para la economía, en donde tres cuartas partes de las personas empleadas completaron al menos la escuela secundaria (comparado con el 63 % en otros sectores). Las horas laborales son heterogéneas en el sector: si bien las personas empleadas en la minería de cal normalmente regresan a su hogar al final de la jornada, no sucede lo mismo en algunas actividades de la minería metalífera (Schteingart y Allerand, 2021).

La participación femenina en el empleo registrado del sector minero total en Argentina fue del 8 % en julio de 2020 y del 10,2 % en julio de 2022, con un aumento del 45 % durante dicho período. Del total del empleo femenino en minería en 2022, el 17 % (623 puestos de trabajo) se registró en minería de litio, tanto en las etapas de exploración como de producción de las sustancias químicas del litio, y las mujeres representaron el 20 % de todos los trabajadores registrados en minería de litio. Fue en dicho sector donde se produjo el mayor aumento en la participación de la fuerza laboral femenina, más del doble entre 2020 y 2022 (un aumento del 293 % en Salta, 123 % en Catamarca y 77 % en Jujuy). Si bien la brecha salarial entre hombres y mujeres en el sector minero es menor que en otras actividades (11 % versus 27 % en 2021), en parte se debe a que las mujeres que trabajan en este sector tienden a hacerlo en puestos más calificados, y la brecha es mayor en la minería de litio, comparada con otros sectores mineros, con un 13,5 % en la producción de litio y 32 % en la exploración de litio (gráfico 42).

Gráfico 42: La brecha salarial femenina en la minería de litio es mayor que en la minería en general, a pesar de que el sector emplea de forma desproporcionada a más mujeres (2021)

⁵⁰ Algunos ejemplos del empleo indirecto que genera la minería son los servicios asociados a gastronomía, limpieza, seguridad y cuestiones administrativas, la obra de infraestructura previa a, o durante, la construcción.



Fuente: Dirección de Transparencia e Información Minera y SIPA

En 2019, el sector minero general de Argentina destinó USD 420,02 millones a contratos vinculados a la construcción, incluidas las obras de infraestructura de transporte, perforación de pozos de agua, movimiento de suelos y preparación del emplazamiento para sitios de construcción. Como consecuencia, se promovió la creación de puestos de trabajo locales, ya que muchas de las obras de infraestructura complementarias han sido ejecutadas por empresas locales (Secretaría de Minería, 2023). Se calcula que un proyecto de 20 000 toneladas de carbonato de litio equivalente requiere una inversión entre USD 350 millones y USD 500 millones durante su construcción, un costo operativo anual entre USD 90 millones y USD 100 millones (costo promedio de USD 4500/5000 por tonelada de carbonato de litio equivalente en bienes, servicios, salarios e impuestos), e inversiones en mantenimiento y reemplazo de bienes de capital entre USD 3 millones y USD 7 millones por año (Freytes y otros, 2022).

Además, la proliferación de los proyectos relacionados al litio nutre el futuro desarrollo de la cadena de valor del litio en el país. Si bien la realización de los proyectos de producción de litio y la posible inversión en industrias *downstream* vinculadas al litio son importantes para el desarrollo regional, el desarrollo de algunos eslabones de la cadena de valor del litio podría no solo aumentar su producto bruto geográfico y el empleo, sino también generar un efecto secundario en el resto del país, debido a los vínculos productivos intersectoriales y regionales (los denominados efectos indirectos e inducidos).

Como parte del CDDR de Argentina (Banco Mundial, 2022a), se desarrolló un modelo de insumo-producto multirregional para calcular los efectos multiplicadores previstos para el empleo y la economía como consecuencia del desarrollo de la cadena de valor del litio. En el modelo se incluyen las tres provincias del litio y el resto de la Argentina como una cuarta región, y se consideran 35 sectores, de los cuales 6 conforman la cadena de valor del litio: litio como proceso primario (*upstream*); la producción de celdas de litio y el proceso de ensamblado de baterías como dos sectores en la producción de las baterías de iones de litio; la producción de vehículos eléctricos y la producción de maquinaria y equipamiento para la generación de energía renovable; y la generación de energía eléctrica mediante fuentes renovables para cerrar la cadena de valor del litio (todos estos sectores se consideran *downstream*). Se realizaron tres escenarios con diferentes configuraciones de la cadena de valor del litio en Argentina (conservador, moderado y optimista), con resultados para diferentes horizontes temporales (2025, 2030) para cada uno de los sectores pertenecientes a dicha cadena.

En los principales resultados se sugiere que la producción de litio en las tres provincias ricas en litio tiene un impacto directo sobre su producto bruto geográfico y su empleo. Cuando aumente la escala de la producción de litio en 2030, aumentarán los efectos indirectos e inducidos. El valor agregado y el empleo también aumentan en el resto de Argentina, y en sectores que no son parte directa de la cadena de valor del litio, pero suministran insumos y servicios a este y otros sectores, además de los hogares cuyo poder adquisitivo se incrementa. Cuanto más profunda la ambición por el desarrollo de la cadena de valor del litio en Argentina (escala de producción y eslabones de la cadena), mayores serán los efectos secundarios en todos los sectores (no necesariamente en aquellos asociados a la cadena de valor) y las regiones del país (no exclusivamente las tres provincias ricas en litio).

6.2. Incentivos para las inversiones en la comunidad

El desarrollo de infraestructura en las regiones mineras tiene un doble beneficio: promueve las exportaciones y la inversión extranjera directa en el país y, al mismo tiempo, es un instrumento para el desarrollo de las economías regionales (Secretaría de Minería, 2023). Por lo tanto, el Estado lo promueve a través de diversos mecanismos. En las provincias de Salta y Jujuy, el retorno de las regalías se utiliza como herramienta para las obras realizadas por las empresas en esas provincias. Esta regla se aplica a los proyectos activos (las regalías están sujetas a la producción) que reinvierten sus ganancias en obras de infraestructura.

En la provincia de Salta, la compensación por inversión en infraestructura es posible para las obras declaradas de interés público por la provincia. La provincia promulgó la Ley 8164/19 para fomentar la ejecución y el mantenimiento de obras de infraestructura vial, ferroviaria, de comunicación y sociales de utilidad pública realizadas por empresas mineras. A su vez, estas podrán reclamar una compensación parcial o total de su inversión, siempre que las obras sean declaradas de beneficio público, y que su ejecución esté en armonía con las políticas y planes de desarrollo oficial. Además, el esquema de contrataciones de las obras debe cumplir con el requisito de que el 80 % de las compras locales debe ser a proveedores inscriptos en el registro provincial. En virtud del decreto reglamentario 534/20, se establece que una comisión especial decidirá sobre la declaración de beneficio público y el porcentaje a compensar en base a criterios objetivos (sin detallar estos últimos)⁵¹. La Cámara de Minería de Salta, entidad que agrupa a las empresas que podrían ser admitidas para este beneficio, informa que, a la fecha, ninguna empresa ha solicitado este régimen de promoción. Entre las principales razones se pueden mencionar la duración del proceso administrativo para aprobar la compensación y el modo en que el contexto actual de inflación elevada afecta el valor de la compensación en moneda local (pesos argentinos). En la provincia de Jujuy, el porcentaje de retorno de las regalías por obras de infraestructura es 1 % (Secretaría de Minería, 2023).

En el caso de Catamarca, se estableció un fideicomiso para el financiamiento de obras de infraestructura⁵² en las municipalidades en las que se desarrolla la actividad minera. El mismo incluye el principio del doble beneficio, mediante el cual las regiones mineras mejoran su infraestructura y, al mismo tiempo, crean las condiciones necesarias para la instalación de proyectos futuros. Mediante el Proyecto Fénix, en Salar del

⁵¹ La Comisión está integrada por un senador provincial de la Comisión de Minería, Recursos Naturales y Medio Ambiente, un diputado provincial de la Comisión de Minería, Transporte y Comunicaciones de la Cámara de Diputados; un representante de la Secretaría de Minería; un representante del Ministerio de Economía y Servicios Públicos; un representante de la Municipalidad en donde se emplace la obra, y un representante de las comunidades originarias legalmente constituidas del lugar donde se emplace la obra y debidamente registradas por la Secretaría de Asuntos Indígenas de la Provincia.

⁵² Según lo informado por el CFI en el análisis de la cadena logística (CFI, 2023), hasta ahora se utilizó para financiar dos puentes en la RP 43.

Hombre Muerto ubicado en Catamarca, se aporta a dicho fideicomiso el equivalente al 1,2 % del valor anual de las ventas de la empresa (Secretaría de Minería, 2023).

A nivel nacional, la Ley de Inversiones Mineras aborda específicamente la construcción de infraestructura en proyectos mineros, en donde se incluyen los beneficios especiales, principalmente en términos de impuesto a las ganancias de las sociedades e IVA. En dicha ley, en el caso del suministro de equipamiento para obras civiles o de infraestructura, mediante una disposición se establece la amortización acelerada del 60 % para el primer año y del 40 % para los dos años siguientes, incluidos los "accesos, obras viales, obras de captación y transporte de agua, tendido de líneas de electricidad, instalaciones para la generación de energía eléctrica, campamentos, viviendas para el personal, obras destinadas a los servicios de salud, educación, comunicaciones y otros servicios públicos como policía, correos y aduanas". Así, la carga del impuesto se distribuye a lo largo de tres años, lo que fomenta la inversión en el área.

En todo el mundo, existen ejemplos de la distribución de los costos entre el sector público y privado en inversiones en infraestructura y mantenimiento, particularmente en infraestructura utilizada en las áreas de minería y productividad agrícola. En definitiva, dicha asociación brinda apoyo al crecimiento y al desarrollo tanto de la industria como de la economía local, y beneficia a la población general al mejorar el transporte, los servicios públicos y la conectividad. En el recuadro 1 se resumen algunos de los mismos, junto con los resultados obtenidos hasta el momento, cuando se dispone de información al respecto. En el anexo 6 se describen detalles y ejemplos adicionales.

Recuadro 1: *Varios países con sectores de productos básicos agrícolas y extractivos tienen experiencia con la distribución pública-privada de los costos en inversiones en infraestructura y mantenimiento*

Perú: *Obras por impuestos* es una modalidad de ejecución de inversiones públicas que les permite a los sectores público y privado reducir conjuntamente la brecha en infraestructura y servicios públicos del país, mediante la firma de un Acuerdo de Inversión. *Obras por impuestos*, creado en 2008, es un abordaje innovador para acelerar la inversión en infraestructura. Les permite a las empresas privadas "pagar" sus impuestos sobre la renta de forma anticipada a través de la ejecución de proyectos de obras públicas. Al aceptar estos proyectos de infraestructura en lugar de impuestos futuros, los gobiernos nacionales, regionales y locales pueden prescindir de la movilización de fondos públicos y reducir la carga sobre los presupuestos gubernamentales, dado que el sector privado asume los costos iniciales y la gestión de los nuevos proyectos de infraestructura (IFC, 2018). Entre los proyectos que califican se incluyen todos aquellos con factibilidad, IOARR (por lo general se trata de inversiones de baja complejidad técnica, riesgo limitado y con una necesidad evidente), actividades de operación y/o mantenimiento registradas en el Programa Nacional Multianual y en el Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones. Entre ellos se incluyen rutas de zonas rurales, electrificación rural, autopistas y otros tipos de infraestructura. De acuerdo con ProInversión, la Agencia de Promoción de la Inversión Privada de Perú, entre 2009 y 2017, se invirtieron más de USD 1000 millones a través de *Obras por impuestos* (el sector del transporte representó el 35 por ciento del total, el segundo más importante), lo que benefició a más de 15 millones de peruanos.

Mato Grosso, Brasil: Con el objetivo de capturar parte del valor agregado agrícola del Estado y de contribuir con una importante infraestructura pública, el Gobierno de Mato Grosso creó el Fondo Estadual de Transporte y Vivienda (*Fundo Estadual de Transporte e Habitação*, FETHAB) en el 2000. Se cobra un gravamen sobre los principales cultivos agrícolas de exportación (soja, maíz, algodón, ganado, madera) y sobre el consumo de combustible diésel. Los aportes sobre los productos básicos se establecen como gravamen unitario, que se ajusta por inflación cada seis meses. Los recursos se comparten con las municipalidades y, hasta el 2018, se los destinaba mayormente a inversiones en infraestructura de transporte y vivienda. Desde 2019, se amplió la cobertura del FETHAB a la producción ganadera y se introdujo un nuevo gravamen sobre el maíz destinado para consumo fuera del Estado.

Chile: El sector minero contribuye al desarrollo de infraestructura mediante fondos especialmente creados. Por ejemplo, el Fondo de Estabilización del Precio del Cobre, financiado por una parte de los ingresos del cobre, se utiliza para financiar los proyectos de infraestructura que respaldan las regiones mineras. Los recursos del fondo se asignan a iniciativas como rutas, puertos, abastecimiento de agua e infraestructura energética.

Australia: Algunas jurisdicciones han establecido acuerdos en donde una parte de los pagos de las regalías mineras se destina al desarrollo de infraestructura en las regiones afectadas por las actividades mineras. El gobierno y el sector minero colaboran para identificar y priorizar los proyectos de infraestructura que benefician tanto a la industria como a las comunidades locales.

Corredores de minería de hierro y bauxita, Guinea: A fin de establecer las condiciones adecuadas para las inversiones del sector privado en el sector minero, se desarrolló el Plan maestro para el financiamiento de infraestructura minera complementaria en 2014, financiado por el Banco Mundial y avalado por varias empresas mineras. En el plan maestro se identificaron cuatro posibles corredores de desarrollo en consonancia con las instalaciones mineras existentes y potenciales, y se diseñó el marco legal para permitir el uso compartido de estas infraestructuras (puertos, ferrocarriles) para distintos usuarios del sector minero y el transporte de pasajeros y carga (en especial, en relación con el área urbana de Conakry). El primer acuerdo para *mutualizar* la infraestructura ferroviaria (Acuerdo de compartición de infraestructura) en el NOA se firmó entre el gobierno y tres empresas mineras.

6.3. Posibles efectos secundarios negativos de la minería de litio en otras actividades económicas

6.3.1. Extracción de agua

El agua es un requisito fundamental para los proyectos de litio; se utiliza tanto para el proceso de producción como para el abastecimiento a las instalaciones del campamento. Por lo general, el agua se obtiene de pozos en el sitio y de ríos cercanos, luego se trata en las plantas de tratamiento de agua. La información disponible respecto del consumo total de agua (actual o proyectado) es bastante variable, según el proyecto, y existen

diferencias en el modo en que las empresas operadoras garantizan las necesidades hídricas para los procesos industriales y el campamento/personal (véase el cuadro 9). Si bien se supone que las evaluaciones del impacto ambiental son públicas, no están disponibles a nivel proyecto (mina) para generar una comparación uniforme e integral.

Cuadro 9: La disponibilidad de los datos sobre el acceso/uso del agua por parte de las empresas mineras en el NOA es parcial

Proyecto	Provincia	Etapa	Actividades/inversiones
Sales de Jujuy/Olaroz	Jujuy	Producción	El agua se utiliza para producir 49,9 m ³ de carbonato de litio (2022); sin embargo, el agua embotellada se emplea para satisfacer las necesidades de los empleados que trabajan en el lugar
Fénix	Catamarca	Producción	El acceso al agua es desde el río Trapiche (en el salar) y desde cuatro pozos en la planta de procesamiento
Caucharí-Olaroz/Exar	Jujuy	Construcción	El acceso al agua es desde siete pozos en el área del río Rosario
Centenario Ratones	Salta	Construcción	Se necesitan aproximadamente 107 litros de agua por segundo para uso industrial, y la empresa operadora calcula que se necesita una inversión de USD 20 millones para la planta de tratamiento de agua y los pozos de extracción de agua
Tres Quebradas	Catamarca	Construcción	Actualmente se utilizan alrededor de 80 litros/segundo; la recolección de agua subterránea se realiza a través de cuatro pozos
Sal de Oro	Catamarca	Construcción	Se estima que las necesidades de agua para el proceso <i>upstream</i> representan alrededor de 1030 m ³ /día, con picos de 2000 m ³ /día, que se obtienen mediante la perforación aluvial en el Sistema Carro Grande; para el proceso <i>downstream</i> , el agua proviene de la Planta General Güemes (2301 m ³ /día), conectada a la red local

Fuente: Secretaría de Minería (2023)

Recientemente, en un fallo dictado por la Corte Suprema de Argentina⁵³ se reconoció la necesidad de un abordaje integral a las cuencas hídricas y los impactos de las actividades mineras en el medio ambiente y el agua. La Corte Suprema de Argentina ordenó⁵⁴ a las provincias de Salta y Jujuy, además del gobierno federal, brindar información relacionada con las autorizaciones para la exploración y minería de litio y borato en las cuencas Salinas Grandes y Laguna de Guayatayoc. La orden se dispuso como parte de la demanda de protección ambiental presentada en diciembre de 2019 por las comunidades del área y un grupo de conservación de la naturaleza que buscan evitar el daño irreversible al sistema hídrico en la cuenca. La Corte resaltó también la falta de información para comprender el impacto en la cuenca hídrica. Esta aún debe decidir su competencia para intervenir en el caso y la medida de protección solicitada para impedir la concesión de permisos sin un plan integral de gestión de la cuenca y una evaluación de impacto acumulativo.

6.3.2. Impacto de la congestión en la seguridad vial y el turismo

⁵³ <http://scw.pjn.gov.ar/scw/viewer.seam?id=7fxVK%2FXGaRB8SlyxnfLZfP4Qq3teT%2FR%2B1gG2RAW%2F9U%3D&tipoDoc=sentencia&cid=230110>

⁵⁴ <https://farn.org.ar/un-fallo-de-la-corte-suprema-de-justicia-de-la-nacion-busca-iluminar-la-oscuridad-de-las-concesiones-de-litio-en-salinas-grandes-y-laguna-de-guayatayoc/>

El aumento de la circulación de camiones asociado a la mayor producción minera y de litio puede tener un impacto negativo en la seguridad vial, al aumentar el riesgo de accidentes viales. Con más camiones en las rutas, aumenta el riesgo de choques. Esto sucede en particular en áreas donde los caminos son angostos, sinuosos o no están mantenidos adecuadamente. Los grandes camiones mineros pueden ser difíciles de maniobrar y requerir distancias de frenado más extensas, lo que aumenta el riesgo de graves choques con otros vehículos o con peatones. Además, es posible que los conductores de camiones deban trabajar muchas horas o conducir largas distancias, lo que provoca fatiga y un mayor riesgo de choques. La fatiga puede afectar la capacidad de un conductor para tomar decisiones, reaccionar rápidamente al cambiante estado de la ruta o mantener su concentración en la misma. El análisis de seguridad vial realizado por el equipo⁵⁵ muestra que el aumento estimado en la circulación de camiones para 2045 podría provocar 41 muertes de tránsito adicionales, 410 lesiones graves y 820 lesiones leves por año a menos que se lleven a cabo mejoras de seguridad vial en la red vial para optimizar el comportamiento de los conductores, mejorar el cumplimiento de las normas de tránsito y aumentar la disponibilidad de infraestructura segura. En términos monetarios, en ausencia de medidas de seguridad vial, los impactos en la misma pueden generar un costo a la sociedad equivalente a USD 61 millones por año.

El aumento de la circulación de camiones puede provocar un impacto adverso en el turismo de un área. Esto se debe a que los camiones pesados pueden provocar congestión, ruido y contaminación del aire, lo que hace que el lugar resulte menos atractivo para los turistas. Además, el aumento en la circulación de camiones puede conducir a inquietudes sobre la seguridad en los turistas que transitan por las mismas rutas que los camiones. Esto puede desalentar la visita de los turistas al lugar o reducir su permanencia en el mismo, lo que disminuye los ingresos para los negocios locales que dependen del turismo.

7. Recomendaciones

7.1. Infraestructura

Aún existen brechas significativas en el acceso vial, en especial en las rutas provinciales y terciarias. Mediante la creación de un corredor asfaltado entre los salares en la Puna se favorecerá la conectividad de los proyectos y las iniciativas de turismo en el área. Pero es posible que esta no sea una opción favorable, y la decisión sobre las rutas asfaltadas debería basarse en una evaluación integral de los factores ambientales, sociales, económicos y culturales. Desde la perspectiva de los proyectos de minería, la prioridad en Jujuy es avanzar con la pavimentación de la RP 70, que une Caucharí-Olaroz con la RN 52 (que ya está totalmente pavimentada). Dado que la RN 52 en Jujuy es la única ruta en condiciones razonables y también contribuye al sector del turismo en el área, las empresas mineras deberán contar con rutas alternativas. Una posibilidad es la mejora de la RN 70 para aliviar la congestión en la RN 52. Se podrían financiar las inversiones para pavimentar las rutas de ripio para acceder a las áreas de producción de litio con recursos del sector privado. En este sentido, se debe prever una inversión aproximada de USD 1,5 millones por kilómetro.

⁵⁵ El impacto en la seguridad vial se calculó mediante el modelado de vehículos-kilómetro de cada escenario en 2021 y en 2045, y el número promedio de incidentes fatales por 1000 millones de vehículos-kilómetro, basado en los estudios iRAP en la región del NOA, y asumiendo que no hubo cambios importantes en las características de seguridad de la infraestructura. Se asumió que las lesiones graves eran 10 veces más que el número de incidentes fatales (McMahon y Dahdah, 2008) y se estimó que hubo 20 veces más lesiones leves en relación con el número de incidentes fatales. Los resultados se tradujeron a valor moneda utilizando el valor de una vida y los valores para las lesiones graves y leves propuestas por la Agencia Nacional de Seguridad Vial (ANSV) de Argentina.

Determinados tramos viales que contribuyen con la industria del litio y el NOA requieren inversiones para garantizar su resiliencia al cambio climático, ya que han sido identificados como las principales rutas de toda Argentina en términos de los máximos daños y pérdidas que implicaría su fracaso en las perspectivas climáticas iniciales y futuras. Entre ellas se incluye la RN 51 en Salta, una de las rutas del NOA que concentrará los mayores volúmenes de carga vinculados a la minería de litio, en los que los daños y pérdidas totales asociados con dicho evento, son de alrededor de USD 3,8 millones y podría aumentar aproximadamente un 8 % en el futuro. Otras rutas que figuran en posición relevante en la lista son la RP 4 y la RN 60 en Catamarca (pérdidas iniciales de USD 2,4 millones y USD 2,1 millones, respectivamente); se prevé que la última se utilice para el transporte de grandes cantidades de insumos de minería de litio, en particular. Del mismo modo, se calcula que varios puentes de las provincias de Salta y Jujuy sufran los mayores costos por interrupciones relacionadas a eventos climáticos en Argentina: a lo largo de la RN 9 y RN 34 en Salta y la RN 9 en Jujuy.

Los presupuestos nacionales para el mantenimiento vial y su ejecución deberán aumentar en vistas al profundo incremento anticipado en la circulación de camiones. A fin de abordar las cargas cada vez más pesadas, será necesario incluir una regularidad mayor entre 1,5 centímetros y 3,5 centímetros en las políticas de mantenimiento, con un refuerzo periódico previsto cada 10 años. El costo adicional de mantenimiento para absorber el impacto de las cargas excesivas oscila entre USD 5,35 millones y USD 12,48 millones por cada 100 kilómetros, cada 10 años, de acuerdo con los volúmenes vehiculares y las sobrecargas. Por ejemplo, para el tramo de la RN 34 entre Jujuy y Rosario, se estima que el mantenimiento necesario para una sobrecarga del 10 % asciende a USD 70,97 millones cada 10 años (USD 53 500 por kilómetro). En el caso de una sobrecarga del 20 %, el costo de mantenimiento adicional asciende a USD 130,11 millones⁵⁶ cada 10 años (USD 98 000 por kilómetro).

También se deberá realizar un mayor mantenimiento periódico a la red vial provincial. Se evalúan los volúmenes de carga adicionales en los que se necesita una regularidad adicional del asfalto de 2 centímetros en las rutas provinciales cada 10 años para soportarlos, lo que se traduce en una inversión de USD 71 310 por kilómetro cada 10 años, o USD 7130 por kilómetro anualmente.

Mediante la mejora de la conectividad ferroviaria en el NOA se genera una oportunidad en vistas de los crecientes volúmenes de carga, dado que se podría promover el cambio de transporte vial a ferroviario y contribuir con la descarbonización del sector de transporte. Sin embargo, para promover dicho cambio es fundamental contar con redes ferroviarias eficientes y bien conectadas que puedan manejar grandes volúmenes de carga. Mediante las inversiones y la mejora de la conectividad ferroviaria, se puede crear un sistema de transporte más sostenible y eficiente que contribuya a reducir las emisiones y mitigar los impactos negativos de los crecientes volúmenes de carga. Mediante este estudio (véase la sección 5.2) se concluyó que el potencial cambio de modo vial a ferroviario representaría entre 1,2 millones de toneladas (escenario 1) y 1327 millones de toneladas para el C14, de acuerdo con el escenario 2. La producción de litio futura en el NOA se beneficiaría de un ramal C14 rehabilitado y modernizado de la línea ferroviaria Belgrano, a fin de tener todas las estaciones operativas y con una capacidad de carga anual de al menos 400 000 toneladas por año (Secretaría de Minería, 2023). Por ejemplo, en el caso del proyecto de litio Salar del Rincón, actualmente en construcción en Salta, que prevé exportar su producción a los mercados asiáticos a través del puerto de Atacama, Chile, la reconstrucción de las estaciones de Olacapato y Laguna Seca resultan esenciales. Sin embargo, considerando las grandes inversiones requeridas para dicha modernización, se necesita una evaluación de factibilidad detallada de las opciones de inversión. Por último, las formaciones ferroviarias deben ser extensas, de forma tal de poder transportar grandes volúmenes asociados a la minería. Desde Santa Fe

⁵⁶ Se considera el promedio de los costos para una sobrecarga del 20 por ciento para 3000 vehículos por día y 5000 vehículos por día.

hasta el norte, las formaciones solo poseen 30 vagones y dos locomotoras, lo que encarece mucho el movimiento de la carga. Sería necesario invertir en la renovación de las vías para permitir la circulación de trenes extensos⁵⁷.

Desarrollo de nodos multimodales eficientes que deberían estar diseñados para facilitar un traslado simple, rápido y seguro de los bienes, entre diferentes modos de transporte. Por lo general, esto se puede lograr mediante las siguientes acciones:

- Mejorar la conectividad del nodo: brindar la infraestructura adecuada, como líneas ferroviarias dedicadas y acceso vial al nodo;
- Mejorar la eficiencia del nodo: brindar la infraestructura adecuada y el espacio apropiado para la carga y descarga;
- Facilitar la coordinación intermodal: permitir el uso de tecnologías modernas de información y comunicación, como el rastreo en tiempo real y sistemas de seguimiento;
- Garantizar la seguridad de la carga: permitir la vigilancia de la carga durante las 24 horas y brindar protección frente a hurto, manipulación o daño.

Los puertos secos pueden facilitar aún más el uso del transporte ferroviario, ya que permiten la concentración de diversas actividades económicas (depósitos, servicios de logística) y pueden ampliar el alcance de los servicios ferroviarios más allá de las áreas a lo largo de las líneas. Güemes es un buen centro de distribución para Salta, y se podría contemplar la implementación de otro centro en Jujuy. Sin embargo, en Güemes no hay andenes, por lo que se debe utilizar un elevador de vagones en la parte superior del vagón o un polipasto. Se necesita equipamiento arriba del vagón, lo cual no es ideal para garantizar la seguridad de la operación⁵⁸. Para el movimiento de insumos clave asociados a la producción de litio se necesitará capacidad de almacenamiento, por lo que en el caso de algunos reactivos se deben cumplir ciertas condiciones particulares (por ejemplo, el sodio debe protegerse del agua). Dada su ubicación dentro de un área urbanizada más extensa, es fundamental considerar también la relación entre el puerto seco y la región circundante. Las provincias se beneficiarían con la tarea de coordinar los mejores abordajes para el desarrollo de puertos secos.

Las oportunidades de financiamiento del sector privado deben considerarse como opción para el desarrollo de nodos multimodales, ya que pueden atraer capital de inversión, conocimientos e innovación al desarrollo y la operación de estos nodos. Teniendo en cuenta las necesidades de infraestructura concurrentes, las autoridades nacionales y provinciales enfrentan desafíos para dedicar recursos suficientes al financiamiento de toda la estructura necesaria para establecer y operar nodos multimodales. Mediante el financiamiento del sector privado se puede contribuir a acortar esta brecha de financiamiento y brindar el capital necesario para el desarrollo de infraestructura, tecnología y la prestación de servicios. Además, se pueden aportar ideas innovadoras para mejorar los procesos y reducir los costos, lo que conduce a mejores servicios y opciones de transporte más eficientes en función de los costos.

El acceso al gas y la electricidad es una cuestión crítica para los proyectos de minería de litio. La fuente principal de los salares es el Gasoducto de Atacama, con las ramificaciones Puna y Fénix. Sin embargo, las empresas están considerando cada vez más el uso del potencial geográfico de la Puna para proporcionar fuentes de energía renovable. Otro proyecto importante con la posibilidad de ser vinculado con el corredor minero del NOA es MARA, en Catamarca. En dicho proyecto se utilizará la infraestructura de Mina Alumbraera y se construirán dos subestaciones nuevas de la Central Termoeléctrica El Bracho en Tucumán. La posible interconexión entre este sistema eléctrico y una nueva LAT en el Salar del Hombre Muerto, por un recorrido

⁵⁷ Entrevista con Allkem el 13 de diciembre de 2022.

⁵⁸ Entrevista con Allkem el 13 de diciembre de 2022.

de 220 kilómetros, generaría un corredor de energía minero en la Provincia de Catamarca, con la posibilidad de extenderse hasta el sector interprovincial de litio de la Puna. Un refuerzo del suministro de electricidad a los proyectos mineros, mediante tendidos desde los parques solares, no solo reduciría los costos aprovechando las características óptimas de radiación solar de la región, sino que también sería un avance para la transición hacia una minería sustentable (Secretaría de Minería, 2023).

Las provincias se beneficiarían de coordinar los incentivos fiscales en infraestructura para que las empresas sigan invirtiendo en la infraestructura necesaria. La región del NOA tiene varios proyectos de litio en construcción que representan una creciente demanda de recursos físicos y la oportunidad de que las comunidades alejadas de los centros urbanos se beneficien en términos de conectividad terrestre y acceso a la energía. Dicha coordinación será dirigida por la Mesa de Litio⁵⁹.

7.2. Medidas políticas y normativas

La mejora de las opciones de transporte multimodal (ferroviario-vial) es importante para manejar la congestión futura en las rutas nacionales y las externalidades negativas del aumento del tránsito vial⁶⁰: como se mencionó en el análisis de los escenarios presentado anteriormente, en 2045 se prevé un aumento de diez veces en la circulación de camiones asociada solo con el litio, ante la ausencia de un cambio modal. Al mismo tiempo, el 47,5 % de la carga minera y el 23,4 % de la carga de granos tienen potencial de cambio modal. Las estrategias de transporte y logística para la región, cuyo objetivo es optimizar el cambio modal, aportarán grandes beneficios. Mediante el transporte ferroviario se reducirán los costos de transporte y las emisiones por unidad de mercadería, además de que se aliviará la congestión de la red vial, mientras se mejora la seguridad vial y se reduce el tiempo de viaje para otros usuarios de las rutas. **Se necesitan enfoques de priorización en toda la red para identificar cómo cerrar las brechas significativas en el acceso vial, especialmente en las rutas provinciales y terciarias.** Los aumentos en los volúmenes previstos para los productos de minería y los granos del NOA exacerbarán la necesidad de contar con una red de transporte vial confiable. Además, dentro de las metodologías de priorización se deberá considerar el efecto complejo de la resiliencia climática, que ya presenta un desafío para la red vial. Las mejoras estratégicas en la red vial provincial, incluidos los accesos a la última milla, garantizan costos adecuados de transporte y niveles de servicio, considerando el aumento proyectado en la circulación de vehículos pesados. Muchas de las rutas son relevantes para varias cadenas de valor, entre ellas el turismo, y los amplios beneficios se consideran dentro de las metodologías de priorización. Las provincias deberán analizar el modo en que los diferentes tramos viales benefician el interés público y las múltiples cadenas de valor, independientemente de la actividad minera, a fin de priorizar e identificar los modelos de financiamiento para la inversión vial.

Las direcciones provinciales de vialidad se benefician del desarrollo de los planes multianuales de inversión, ya que estos contribuyen a alcanzar un desarrollo eficiente y sostenible de la infraestructura. Mediante dichos planes se debería obtener una dirección estratégica a largo plazo para el desarrollo de la red vial, lo que permitiría una mejor asignación de los recursos, una priorización mejorada de las inversiones y la ejecución efectiva de los proyectos de infraestructura. Al tomar una perspectiva multianual, las agencias de vialidad pueden identificar y abordar las brechas críticas de la infraestructura, planificar el crecimiento futuro y el progreso tecnológico y optimizar las asignaciones presupuestarias. Mediante esta planificación, la agencia

⁵⁹ La Mesa de Litio se conformó en marzo de 2021 por las Secretarías de Energía y Minería para que las provincias de Salta, Jujuy y Catamarca coordinen los esfuerzos vinculados al desarrollo del sector de litio. Desde diciembre de 2022, en la Mesa de Litio también se ha incorporado al gobierno nacional, con el objetivo de planificar en conjunto el desarrollo territorial y de buscar la mejor forma de explotar económicamente la extracción de litio en las tres provincias.

⁶⁰ Entrevista con la CAEM el 16 de diciembre de 2022.

puede coordinar con otras partes interesadas y fomentar la participación público-privada para el financiamiento y la ejecución de los proyectos.

Es necesario consolidar las direcciones provinciales de vialidad a fin de garantizar la asignación óptima de los escasos fondos para el mantenimiento de las rutas provinciales. Ninguna de las tres provincias cuenta con mediciones periódicas del estado de la red vial ni información sobre los volúmenes de tránsito, que brindarían las bases para definir las prioridades de intervención. Como se mencionó previamente en el análisis, solo se encuentra disponible información parcial sobre el estado de las rutas del NOA, en base a encuestas realizadas en relación con un subconjunto de rutas en Salta y Jujuy en 2019. En consecuencia, es imposible utilizar herramientas de priorización de inversión y mantenimiento que faciliten la planificación de la red vial basada en evidencia, lo que garantizaría un mejor uso de los recursos públicos, el mantenimiento oportuno de la red y la preservación de los activos.

Se deberán aumentar los presupuestos para el mantenimiento vial y su ejecución en vistas al marcado incremento anticipado en la circulación de camiones. La mejora del sistema de control del peso es una importante herramienta para asegurar la aplicación de la norma que rige el peso de los vehículos pesados y garantizar la seguridad vial. En virtud de las normas nacionales, las rutas están estructuralmente diseñadas para soportar cargas, y todo exceso genera un deterioro exponencial del pavimento, de ahí la importancia de realizar los correspondientes controles de carga.

La demanda de servicios logísticos aumentará en todo el NOA, lo que creará una oportunidad para el crecimiento de las iniciativas de negocios locales. Sin embargo, según el índice de desempeño logístico (IDL), el desempeño de la Argentina en cuestiones logísticas sigue disminuyendo, y alcanzó este año su puntaje más bajo (2,7 de 5) y el puesto más bajo (81 de 139), desde el inicio de las mediciones en 2007. Esto sugiere la necesidad de identificar más cuidadosamente los factores que limitan la disponibilidad de servicios de logística competitivos, entre los que se podrían incluir: acceso a los mercados, acceso a la profesión, normas de conducta empresarial, normas sociales (p.ej.: horas laborales y de descanso, otros acuerdos laborales, etc.), tratamiento fiscal de bienes y servicios, normas de seguridad y protección (p.ej.: bienes peligrosos, prevención de accidentes, cadenas de suministro seguras y la regulación económica de las actividades constitutivas (p.ej.: precios mínimos, peajes, precio de congestión). Además, a medida que aumenta la demanda de opciones de envío ecológicas en el mundo, a través de políticas que fomenten la logística ambientalmente sostenible, se respaldará un cambio a modos de transporte de carga con menor uso de carbono, depósitos más eficientes en el uso de la energía o una mejor utilización de la capacidad. La población local también podría suministrar otros servicios, como los servicios de alimentos, y los esquemas de apoyo para iniciar un negocio en dicho sentido podrían alentar la integración más estrecha de la población local con las crecientes industrias.

Se deben mejorar los servicios ferroviarios para aumentar su uso, y el futuro modelo para prestar servicios ferroviarios (sistemas de integración vertical con exclusividad comercial/modelo de integración vertical con acceso competitivo/acceso abierto) será un factor relevante. Mediante el enfoque de acceso abierto se pueden generar varios beneficios que contribuyen a mejorar la calidad del servicio, ya que aumenta la competencia, se incentiva a los operadores a innovar y buscar eficiencias, se promueve mayor atención sobre el cliente y se posibilita la especialización del servicio.

Las decisiones sobre el futuro modelo de gestión de los ferrocarriles y las nuevas concesiones de transporte de carga deberán basarse en una estructura de gestión clara que garantice la competencia justa y brinde un marco de gestión estable para promover la inversión. En el futuro modelo de gestión ferroviaria que fomentará la participación del sector privado, se deberá considerar la posición de la empresa estatal BCyL, a fin de garantizar que no existan asimetrías en las condiciones de competencia en relación con otros

operadores. Para lograrlo, el Gobierno deberá definir un plan de transición para este operador. Además, se deberá aclarar la asignación del material rodante público a los operadores para garantizar una competencia pareja y una definición clara sobre el vínculo entre los actores públicos y privados. También será necesario fortalecer la capacidad de la ADIF de actuar como controlador de tránsito si se implementa efectivamente la separación vertical en un futuro. En la transición hacia un acceso abierto, la CNRT deberá estar a cargo para a) establecer los requisitos de registro en el Registro de Operadores de Carga y de Pasajeros; b) hacer recomendaciones para la unificación de los sistemas de comunicación; c) definir las normas de calificación del material rodante, ya sea que lo defina la Comisión o terceros, y d) resolver los conflictos que surjan de la implementación de la modalidad de acceso abierto.

Argentina podría considerar diferentes abordajes para brindar un acceso abierto. El primero es la separación vertical, como se implementa mayormente en Europa y Chile, en donde una entidad se ocupa de gestionar la infraestructura por donde circulan múltiples operadores ferroviarios. Otro abordaje es el modelo de "integración vertical con acceso competitivo", donde operaría en cada línea una empresa ferroviaria predominante de integración vertical. Dicha empresa no tendría exclusividad comercial y permitiría la circulación (y la libre competencia comercial) de otros operadores bajo condiciones de acceso abierto, neutro y no discriminatorio a la infraestructura. Si efectivamente se implementa la separación vertical en el futuro, se deberá consolidar la capacidad de la ADIF para actuar como controlador de tránsito, además de la capacidad de la CNRT para supervisar y controlar las concesiones ferroviarias.

A medida que aumenta el volumen, es probable que la Aduana deba aumentar la presencia de los funcionarios aduaneros en el NOA, ya que podría convertirse en un cuello de botella. El lugar en donde se establece el control aduanero es importante, dado que determina el lugar donde se registraría la exportación (con un impacto en el Producto Bruto Geográfico provincial, PBG). En Salta, había una zona aduanera en la frontera con Jujuy, ubicada del lado de Jujuy, y la producción de Salta se registraba como proveniente de Jujuy. Catamarca ha avanzado mucho en términos de cruces fronterizos⁶¹. Las tres provincias están interesadas en continuar el diálogo con el Gobierno nacional en relación con las formas de facilitar aún más el procesamiento aduanero de las exportaciones de litio provenientes de las provincias.

Con el fin de alcanzar el potencial de la producción de litio, las tres provincias deberán contar con mano de obra calificada. El gobierno nacional puede colaborar con la industria del litio para identificar las habilidades y el conocimiento necesarios para la industria del litio y para desarrollar programas de capacitación y formación que cumplan con las necesidades de la industria. Podría respaldar la participación entre el sector privado y las universidades a fin de fomentar carreras vinculadas a la industria minera y ayudar a los jóvenes a inscribirse en carreras de este ámbito mediante becas, pasantías y oportunidades de experiencia laboral para los estudiantes. Además, esto podría incluir el apoyo a la investigación y desarrollo de nuevas tecnologías y técnicas, junto con iniciativas de seguridad y salud. Las provincias tienen un rol en la coordinación con instituciones educativas públicas y privadas a fin de estructurar programas técnicos adecuados y desarrollar una estrategia de fortalecimiento de capacidades a largo plazo. Se podrían iniciar colaboraciones para establecer/intensificar los programas de educación y capacitación para el desarrollo de una fuerza de trabajo calificada (los programas podrían incluir la capacitación vocacional, prácticas y licenciaturas en campos relacionados a la minería). Esto podría realizarse a través de la Mesa de Litio y en colaboración con la Cámara de Minería, mediante la incorporación de instituciones educativas locales y la transferencia de conocimientos de las empresas mineras.

⁶¹ Entrevista con la CAEM el 16 de diciembre de 2022.

8. Bibliografía

- AC Pública. (2017a). "Mecanismo de Obras por Impuestos".
- AC Pública. (2017b). "Ayuda Memoria: Financiamiento de proyectos de inversión pública a través del mecanismo de obras por impuestos."
- Adamas Intelligence. (2022). State of Charge: EVs, Batteries and Battery Materials. (adamasintel.wpenginepowered.com)
- ADB. (2014). "Operationalizing Economic Corridors in Central Asia: A Case Study of the Almaty–Bishkek Corridor." Banco de Desarrollo de Asia, Manila.
- Alam, M., M. Herrera Dappe, M. Melecky, R. Goldblatt. (2022). Wider economic benefits of transport corridors: Evidence from international development organizations. *Journal of Development Economics*, Vol. 158, <https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2022.102900>
- Ámbito. (2023). "Boom del litio: la firma Alpat se expande para abastecer insumo clave," <https://www.ambito.com/boom-del-litio-la-firma-alpat-se-expande-abastecer-insumo-clave-n5641439>
- Arun, A., A. Duhaut. (2022). Impact Evaluation of Transport Corridors: The ieConnect Adopted Framework. Banco Mundial, Washington, DC.
- Barberón, A. (2022). El litio en Argentina. Impacto productivo y políticas científico-tecnológicas. Universidad Nacional de La Plata. CAMMESA, 2023. <https://microfe.cammesa.com/static-content/CammesaWeb/download-manager-files/NovedadesHome/Resumen%20Ejecutivo%20Ene%20a%20Dic%202022%20vs%202021%20V F.pdf>
- CFI (2023). Estrategia Logística Norte Grande.
- CNRT. (2020). Anuario Estadístico Red Ferroviaria de Cargas 2020 | Argentina.gob.ar
- COCHILCO. (2021). Mercado de Litio. Desarrollo reciente y proyecciones al 2030. <https://www.cochilco.cl/Mercado%20de%20Metales/Produccion%CC%81n%20y%20consumo%20de%20litio%20hacia%20el%202030%20edicio%CC%81n%202021%20versi%C3%B3n%20def.pdf>
- DTIM-SSDM. (2022). Empleo por Provincia de la Minería Argentina. Dirección de Transparencia e Información Minera-Subsecretaría de Desarrollo Minero.
- Fact.MR (2019). Lithium-ion Battery Cathode Market Forecast, Trend Analysis & Competition Tracking - Global Market Insights 2019 to 2029: 170.
- Freytes, C., M. Obaya, V. Delbuono. (2022). Federalismo y desarrollo de capacidades productivas y tecnológicas en torno al litio. Fundar, October.
- Gálvez Nogales, E. (2014). *Making Economic Corridors Work for the Agricultural Sector*. Agribusiness and Food Industries Series No. 4, FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), Roma.
- GFDRR. (2021). Climate Change Risk Analysis of Argentina's Land Transport Network. Banco Mundial, Washington, D.C.
- Gobierno de Argentina. (2016). Política y Estrategia Nacional de Desarrollo y Ordenamiento Territorial. Buenos Aires: Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios, Subsecretaría de Planificación Territorial de la Inversión Pública.
- Grant, A., Hersh, E. y Berry, C. (2020). So, You Want to Make Batteries Too? A Framework for Developing Lithium-Ion Battery Supply Chain Industrial Strategy. Payne Institute Commentary Serie: Viewpoint.
- Heredia, M. y M. Perez. (2017). Intervención estatal más allá de las retenciones. Las regulaciones ante la soja en el Chaco. XVI Jornadas Interescuelas/Departamentos de Historia. Departamento de Historia. Facultad Humanidades. Universidad Nacional de Mar del Plata, Mar del Plata.
- IFC. (2018). Peru's Works for Taxes Scheme: An Innovative Solution to Accelerate Private Provision of Infrastructure Investment. International Finance Corporation, Nota 55, junio.
- Kelly, J. C., Wang, M., Dai, Q. & Winjobi, O. (2021). Energy, greenhouse gas, and water life cycle analysis of lithium carbonate and lithium hydroxide monohydrate from brine and ore resources and their use in lithium ion battery cathodes and lithium ion batteries. *Resources, Conservation and Recycling*, 174, 105762.
- INDEC. (2016). Encuesta Nacional sobre Acceso y Uso de Tecnologías de la Información y la Comunicación 2016.
- INDEC. (2022). Trabajo e ingresos. Vol. 6, n°6. Mercado de trabajo. Tasas e indicadores socioeconómicos (EPH). Segundo trimestre de 2022. Instituto Nacional de Estadística y Censos – Ministerio de Economía de la Nación.
- McMahon, K. y S. Dahdah. (2008). The true cost of road crashes: valuing life and the cost of a serious injury, International Road Assessment Programme (iRAP), Basingstoke, Reino Unido.
- Muzzini, E., Eraso Puig, B., Anapolsky, S., Lonnberg, T. Y Mora, V. (2016). Leveraging the Potential of Argentine Cities: A Framework for Policy Action. Directions in Development. Washington, D.C.: Banco Mundial.

- Olivetti, E., Ceder, G., Gaustad, G. y Fu, X. (2017). Lithium-Ion Battery Supply Chain Considerations: Analysis of Potential Bottlenecks in Critical Metals. Elsevier Inc.
- ORBITA – Observatorio Regional Bonaerense de Innovación Tecnológica. (2021). Industrialización del litio en la Provincia de Buenos Aires. Cadena de valor, estructura del mercado mundial y oportunidades para el agregado de valor provincial a partir de baterías de ion-litio. Gobierno de la Provincia de Buenos Aires.
- ProInversión. (2023). EBOOK sobre el mecanismo Obras por Impuestos. WWW.INVESTINPERU.PE/ES/OXI
- Roberts, M., Melecky, M., Bougna, T., Y. Xu. (2020). Transport corridors and their wider economic benefits: A quantitative review of the literature. *Journal of Regional Science*, 60(2), 207–248. <https://doi.org/10.1111/jors.12467>
- SGAyDS. (2019). Informe Nacional de Inventario del Tercer Informe Bienal de Actualización de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas.
- Schteingart, D. y M. Allerand. (2021). El impacto de la minería argentina en los proveedores locales. Buenos Aires, Documentos de Trabajo del CCE N.º 19, Consejo para el Cambio Estructural - Ministerio de Desarrollo Productivo de la Nación.
- Schteingart, D. y Rajzman, N. (2021). Del litio a la batería: análisis del posicionamiento argentino. Documentos de Trabajo del CCE N.º 16, Consejo para el Cambio Estructural - Ministerio de Desarrollo Productivo de la Nación.
- Schteingart, D., Rajzman, N., Nieves Solsona, M., Barbella, J. (2022). Radiografía del empleo en la industria minera. Serie Investigaciones en Red, documento N.º 4. Centro de Estudios para la Producción XXI, Dirección Nacional de Promoción y Economía Minera, Secretaría de Minería - Ministerio de Desarrollo Productivo de la Nación.
- Schwab, K., S. Zahidi. (2020). The Global Competitiveness Report, Edición Especial 2020. Foro Económico Mundial, Ginebra.
- Secretaría de Integración Productiva. (2018). Informe Regional: Obras Plan Belgrano. Ministerio de Producción, Buenos Aires, Argentina.
- Secretaría de Minería. (2023). Infraestructura: Radiografía actual y perspectivas de desarrollo. Análisis de las bases que sostienen a la actividad minera actual y desafíos a superar frente al crecimiento del sector. Febrero.
- Secretaría de Minería. (2022a). Litio en Argentina.
- Secretaría de Minería. (2022b). Estado de la Minería en Argentina. Anuncios de inversión en el sector minero. Mayo 2022. Ministerio de Desarrollo Productivo de la Nación.
- Secretaría de Minería. (2022c). Cartera de Proyectos Avanzados. Litio. Ministerio de Economía de la Nación.
- Secretaría de Minería. (2022d). Empleo Minero en Catamarca. Mayo.
- Secretaría de Minería. (2022e). Empleo Minero en Salta. Mayo.
- Secretaría de Turismo de la Provincia de Salta. (2018). Anuario Turístico 2018. [http://turismosalta.gov.ar/images/uploads/anuario_2018\(1\).pdf](http://turismosalta.gov.ar/images/uploads/anuario_2018(1).pdf)
- SIACAM, https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/portfolio_lithium.pdf
- SIACAM. (2023). https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2023.01_exportaciones_mineras_de_argentina.pdf
- SIACAM. (2022). https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/soda_ash_serie_de_estudios_para_el_desarrollo_minero_carbonato_de_sodio_soda_ash_caracteristicas_usos_y_demanda_1.pdf
- Stokenberga, A., E. Lancelot, A.S. Aguilera, G. Martínez Torres, I. Miro. (2022). Economic Corridors to Promote Trade and Sustainable Development in Central America. Mobility and Transport Connectivity Series, Banco Mundial, Washington, D.C.
- Troncoso, C. (2018). Valorización turística en la Puna. Tendencias recientes. Serie Conservación de la Naturaleza y cultura. N.º 24. Fundación Miguel Lillo. San Miguel de Tucumán.
- USGS (2021), Mineral Commodity Summaries 2020, Reston Virginia., U.S. Geological Survey.
- Weimer, L., Braun, T., y Hemdt, A. v. (2019). Design of a systematic value chain for lithium-ion batteries from the raw material perspective. *Resources Policy*, 64.
- Banco Mundial. (2022a). Informe del clima y el Desarrollo de los países – Argentina. Washington, DC.
- Banco Mundial. (2022b). Mato Grosso Fiscal Adjustment and Environmental Sustainability DPL (P164588). Implementation Completion and Results Report. 17 de diciembre.
- Banco Mundial. (2021). InfraSAP Argentina. Versión 2.0.
- Banco Mundial. (2020). Desarrollo territorial en Argentina: diagnóstico de los retos como primer paso para mejores políticas públicas. Volumen 1.
- Banco Mundial. (2019a). Enhancing Burkina Faso Regional Connectivity: An Economic Corridor Approach. Washington, DC. <https://doi.org/10.1596/33040>

Banco Mundial. (2019b). Belt and Road Economics: Opportunities and Risks of Transport Corridors. Washington, DC.

Banco Mundial. (2019c). Mato Grosso Fiscal Adjustment and Environmental Sustainability Development Policy Loan. Documento del programa.

Banco Mundial. (2018). Promoting the Railway Infrastructure Multi-User Access Model: Lessons Learned from the Mining Sector in Guinea.

Grupo Banco Mundial. (2020). Global Solar Atlas. <https://globalsolaratlas.info/map>

Anexo 1: Flujos de transporte de carga desde y hacia el NOA en 2021

Cuadro 1.1: Flujos de transporte terrestre desde y hacia el NOA (2021)

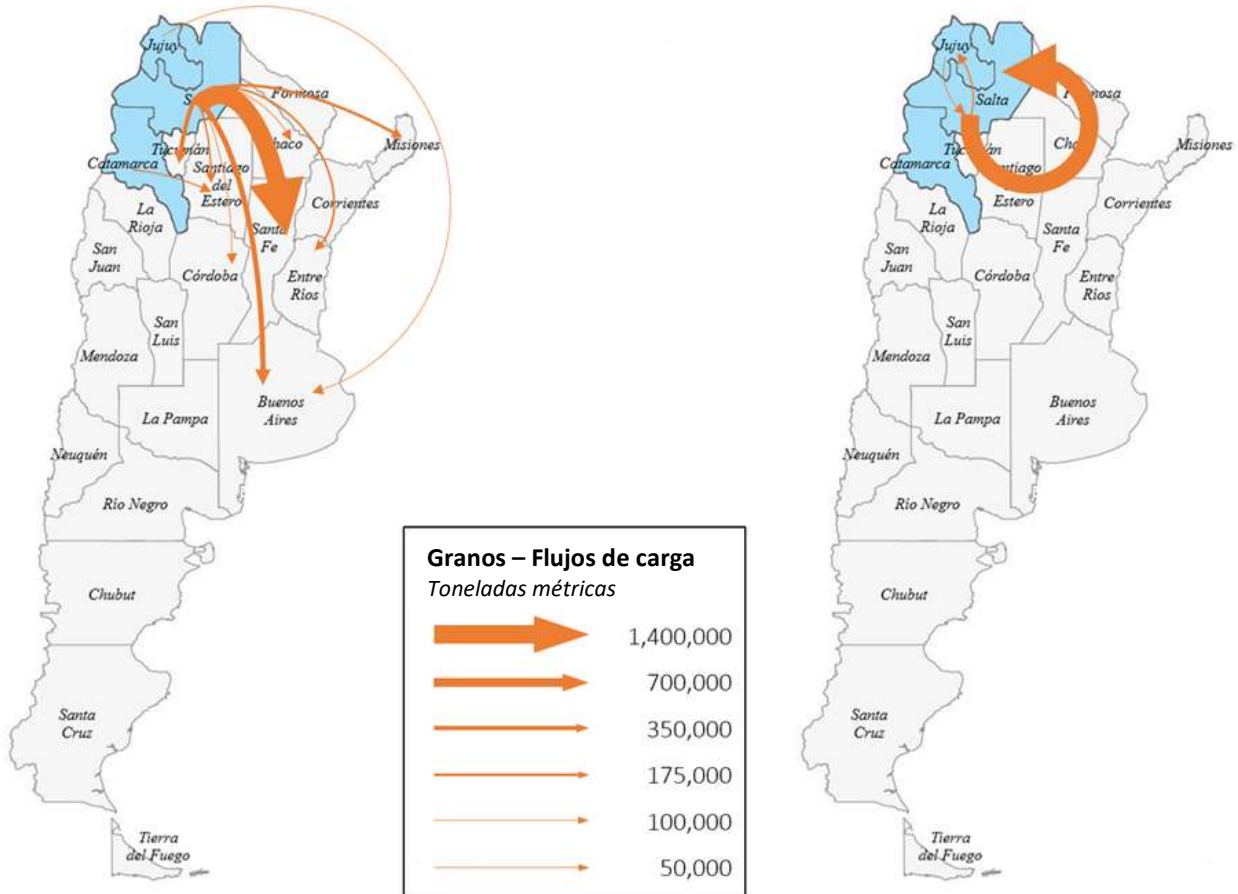
Minerales, principalmente piedra caliza, yeso, arcillas y boratos	El 64,9 % de los minerales proviene de Catamarca (ciudad capital y sus alrededores), el 18,6 % de Salta (Tartagal y Cafayate) y el 16,4 % de Jujuy (centro y Humahuaca).
Combustibles	El 93,6 % de los volúmenes originados en el NOA provienen del centro de Salta (el gas representa el 95 %). De los volúmenes transportados al NOA, la mayoría proviene de Buenos Aires (diésel) y Mendoza (nafta).
Granos	Entre los volúmenes originados en el NOA, la mayoría proviene de Salta (Metán y Tartagal), de los cuales el 45,5 % fueron transportados a Santa Fe, el 10,2 % a Buenos Aires y el 10,1 % a Tucumán. Salta recibe la mayoría de los granos (86,1 %) transportados al NOA de otras partes de Argentina.
Productos semiterminados, principalmente cemento, papel y acero	Entre los lugares de origen, se destacan el centro de Jujuy, Ledesma y el centro de Catamarca. Entre los destinos fuera de la región se encuentran las provincias de Tucumán, La Rioja y Santiago del Estero.
Productos regionales, principalmente azúcar, bienes de silvicultura, limones, naranjas, tabaco.	Jujuy representa el 48,2 % de los volúmenes originados en el NOA, seguida de Salta (46,6 % - Tartagal) y Catamarca (5,2 %). Buenos Aires, Tucumán y Santa Fe son los principales destinos.
Productos industriales, principalmente fertilizantes, cigarrillos, harina y productos lácteos	De los volúmenes originados en el NOA, Salta representa el 77,7 %, seguida de Jujuy (13,9 %) y Catamarca (8,4 %). De los bienes transportados al NOA, los principales lugares de origen son Santa Fe (48 %), Santiago del Estero (27,6 %), Tucumán (8,3 %) y Buenos Aires (5,7 %).
Ganadería	El 51,8 % de los volúmenes totales fueron trasladados dentro del NOA, de los cuales el 73,3 % fue dentro de la provincia de Salta, el 11,1 % entre Salta y Jujuy y el 7 % dentro de Catamarca. En cuanto a los flujos con destino fuera de la región, se destacan Salta-Tucumán (28,1 %), Catamarca-Buenos Aires (12 %) y Catamarca-Tucumán (9,8 %).
Carne	Entre los flujos que ingresan al NOA del resto de la Argentina, los principales circulan desde Santa Fe hasta Salta (26,9 %) y Jujuy (20,7 %), y desde Entre Ríos hasta Jujuy (16,4 %), Salta (15,2 %) y Catamarca (9,5 %).

Fuente: Actualización de la MOD16 por parte del equipo del estudio

Gráfico 1.1: Flujos de granos con origen o destino en el NOA en 2021 (toneladas)

a. Desde el NOA a otras provincias

b. Dentro del NOA



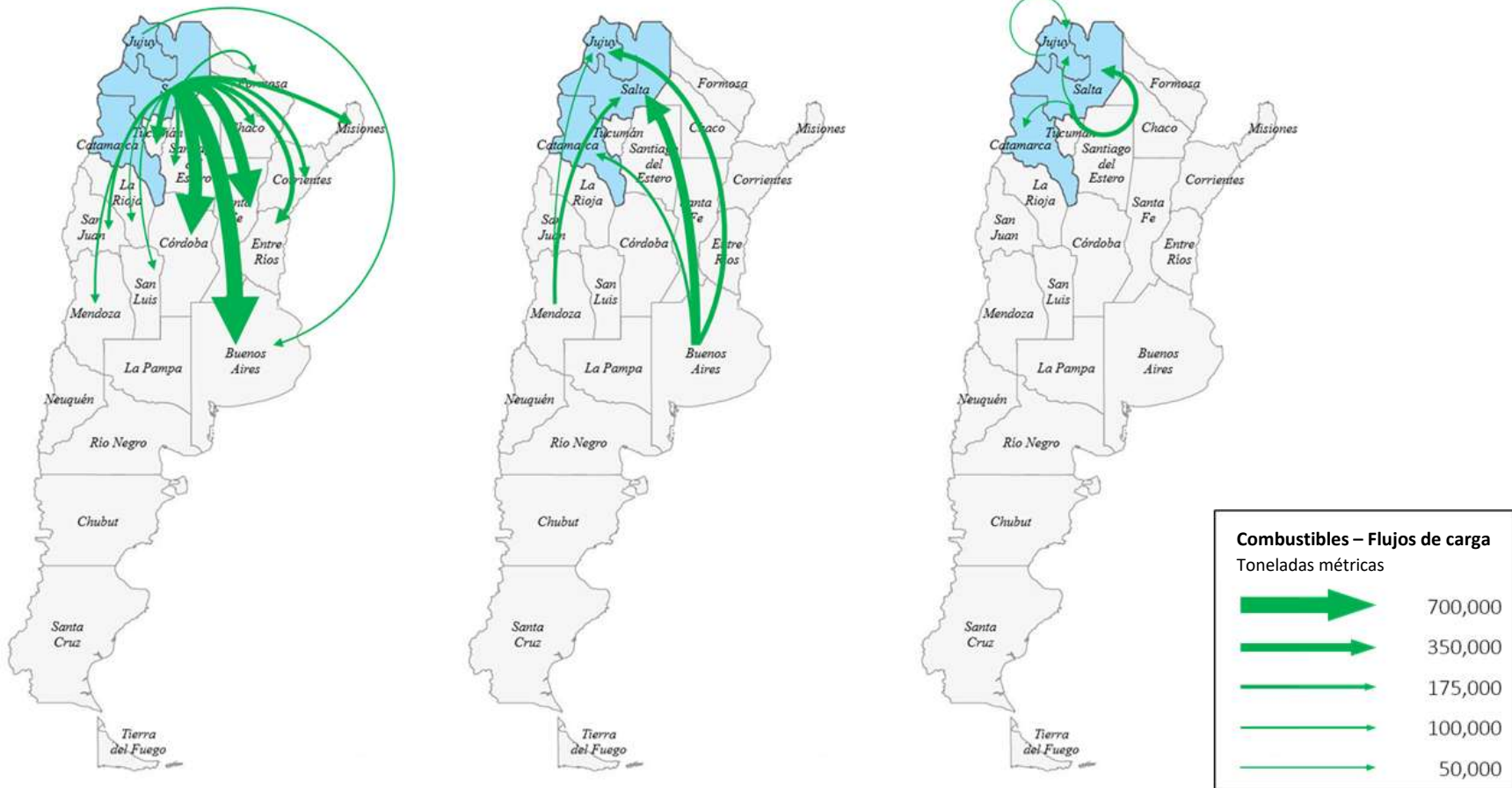
Fuente: Actualización de la MOD16 por parte del equipo del estudio

Gráfico 1.2: Flujos de combustible con origen o destino en el NOA en 2021 (toneladas)

a. Desde el NOA a otras provincias

b. Desde otras provincias al NOA

c. Dentro del NOA



Fuente: Actualización de la MOD16 por parte del equipo del estudio

Anexo 2: Proyección de la MOD21 (vial y ferroviaria) hacia 2045

Se tomó como punto de partida la MOD vial actualizada al 2021 y se proyectaron sus cargas al 2045, mediante "impulsores" para cada uno de los productos que la componen, manteniendo la estructura proporcional de los flujos. Debido a la gran variedad de productos que conforman la matriz y a la falta de tales proyecciones extensas (la proyección máxima hallada fue al 2031), se tomaron algunas decisiones metodológicas para efectuar las proyecciones al 2045. Las toneladas finales tomadas como punto de partida en estas matrices corresponden a la suma de la producción nacional y las importaciones, donde se restaron las toneladas transportadas por ferrocarril y vías navegables, según corresponda.

- Para la proyección del grupo "Carne", utilizamos las estimaciones de crecimiento de la producción cárnica de Argentina por tipo de animal, según la publicación de OCDE-FAO para el período 2022-2031. Dicha tasa anual se consideró sin variaciones para el período 2031-2045. Dado que no se informaron las cifras relativas a la carne de ganado caprino, se tomaron como referencia las cifras relativas a la carne de ganado ovino.
- En el caso del grupo "Animales vivos", se tomaron como referencia los valores considerados para el grupo "Carne". Sin embargo, para los grupos equino y caprino, se tomó como indicador la tasa de crecimiento promedio del valor bruto de producción para la cría de animales en el período 2005-2021.
- A excepción del bioetanol y el biodiésel, que se calcularon de acuerdo con la OCDE-FAO, se proyectó el grupo "Combustibles" al 2045 desde la tasa de crecimiento anual estimada para el período 2018-2030, publicada en 2019 por la Secretaría de Energía en su informe "Escenarios de Energía 2030".
- En el caso particular de los "Granos", se tomaron las tasas de crecimiento anual previstas por la OCDE-FAO para el período 2022-2031 para cada uno de los productos considerados y proyectados para el 2045.
- Dentro del grupo "Industriales", se proyectó el crecimiento de aceites, harinas y productos lácteos en función de las tasas publicadas para cada uno por la OCDE-FAO. Para los fertilizantes y la maquinaria agrícola, se utilizó como referencia el promedio ponderado de la tasa de crecimiento anual de la producción de granos de la OCDE-FAO. En cuanto a los cigarrillos, se utilizó el promedio de la tasa de crecimiento del valor bruto de producción 2005-2021 para los productos de tabaco. En el caso de automóviles y motocicletas, se utilizó la variación en el valor bruto de producción para la manufactura de vehículos a motor, camiones y remolques. Por último, se efectuó la proyección de electrodomésticos con las estimaciones de crecimiento de la economía argentina consideradas por el FMI para el 2027.
- Debido a la falta de información general sobre el sector minero y aún más sobre sus proyecciones, se estimaron los volúmenes para 2045, con la excepción del litio, con base en la tasa de crecimiento anual del valor bruto de producción 2005-2021 para la minería y las canteras no clasificadas en otra parte (n.c.o.p.) y la extracción de minerales metalíferos. Además, la producción de cobre de la mina Taca Taca y sus insumos se han incorporado a la MOD proyectado para el 2045. También se agregaron las toneladas proyectadas de cal y carbonato sódico para los proyectos de litio considerados. Cabe mencionar que la MOD publicada por el Ministerio de Transporte, a excepción del litio, no tuvo en cuenta dichos productos.
- El grupo "Regional" está conformado por una serie de productos, tanto primarios como industriales, por lo que se emplearon distintas fuentes para cada uno.
 - La tasa de crecimiento anual de la OCDE-FAO para el algodón, el azúcar, la papa y el pescado.
 - Variación anual del valor bruto de producción: silvicultura, madera y servicios forestales relacionados.
 - Variación anual del valor bruto de producción: procesamiento de productos alimentarios y bebidas para la miel, el vino y el mosto.

- Variación anual del valor bruto de producción: procesamiento de productos tabacaleros como referencia de la producción de hojas de tabaco.
- Tasa de crecimiento anual de la economía argentina, elaborada por el FMI para el resto de los productos.
- Por último, hay un grupo de "productos semiterminados" que incluye los productos industriales básicos que sirven de insumo para otras industrias. Se actualizó cada uno de ellos de acuerdo con la información disponible.
- Acero y aluminio primario: proyección en base a la tasa de crecimiento del valor bruto de producción 2005-21 para el sector de manufactura de metales básicos.
- Aluminio fabricado: proyección en base a la tasa de crecimiento del valor bruto de producción para la manufactura de productos de metal fabricados.
- Caucho y plástico: calculado en base a la tasa de crecimiento del valor bruto de producción para la manufactura de productos de caucho y plástico.
- Cemento: en base a la tasa de crecimiento del valor bruto de producción para la manufactura de productos minerales no metálicos.
- Industria maderera: calculado en base a la tasa de crecimiento del valor bruto de producción de madera y de la fabricación de productos de madera y corcho, excepto muebles.
- Papel: proyección en base a la tasa de crecimiento del valor bruto de producción para el sector de manufactura de papel y de productos de papel.

Proyección al 2045 de la matriz ferroviaria 2021

A fin de simular correctamente el potencial del cambio modal, se necesita un escenario "base" para la matriz vial y ferroviaria de forma simultánea. En otras palabras, se deben estimar los flujos ferroviarios futuros que ocurrirían de no modificarse las condiciones operativas actuales, a fin de determinar este escenario base o conservador. La línea Belgrano, pertinente para el NOA, ha recibido grandes inversiones de infraestructura y material rodante en los últimos años, que lograron un impacto positivo en el transporte de carga, y movilizaron más de 2,8 millones de toneladas en 2022, la cifra más alta en más de 30 años. Sin embargo, en los últimos años se observó que el crecimiento de esta línea ha sido marginalmente menor a lo largo del tiempo. Por lo tanto, se proyectó el escenario base al 2045 considerando un crecimiento que responde a dicha tendencia en alza, pero a un ritmo decreciente (48 % menos cada año) hasta el 2024, después de lo cual se aplicará una tasa anual que se obtiene al ponderar diferentes tasas, de acuerdo con los productos movilizados en 2021.

Para calcular la tasa de crecimiento después del 2024, se consideraron las tasas de crecimiento de la OCDE-FAO, VBP-INDEC y el FMI, además de la MOD vial, que se ponderaron según las toneladas observadas en 2021 para cada uno de los productos transportados por este ferrocarril. Como resultado, si se mantienen las condiciones operativas de la línea y las tendencias observadas, el ferrocarril Belgrano podría transportar, en un escenario conservador, alrededor de 3,85 millones de toneladas en total y 1,62 millones de toneladas con origen y/o destino en algunas de las provincias incluidas en el estudio.

Cuadro 2.1: Distribución del cambio modal por distancia y tonelaje

Distancia	Tonelaje	Combustibles	Granos	Industria	Minería	Semiterminados	Regionales
500	120 000	24,4 %	68,5 %	24,4 %	51,0 %	40,3 %	24,4 %
500	82 333	20,4 %	57,4 %	20,4 %	42,7 %	33,8 %	20,4 %
500	44 667	16,2 %	45,4 %	16,2 %	33,8 %	26,7 %	16,2 %
500	7000	12,2 %	34,3 %	12,2 %	25,5 %	20,2 %	12,2 %
400	120 000	20,4 %	57,4 %	20,4 %	42,7 %	33,8 %	20,4 %
400	82 333	16,2 %	45,4 %	16,2 %	33,8 %	26,7 %	16,2 %
400	44 667	12,2 %	34,3 %	12,2 %	25,5 %	20,2 %	12,2 %
400	7000	8,2 %	23,1 %	8,2 %	17,2 %	13,6 %	8,2 %
300	120 000	16,2 %	45,4 %	16,2 %	33,8 %	26,7 %	16,2 %

300	82 333	12,2 %	34,3 %	12,2 %	25,5 %	20,2 %	12,2 %
300	44 667	8,2 %	23,1 %	8,2 %	17,2 %	13,6 %	8,2 %
300	7000	4,0 %	11,1 %	4,0 %	8,3 %	6,5 %	4,0 %
200	120 000	12,2 %	34,3 %	12,2 %	25,5 %	20,2 %	12,2 %
200	82 333	8,2 %	23,1 %	8,2 %	17,2 %	13,6 %	8,2 %
200	44 667	4,0 %	11,1 %	4,0 %	8,3 %	6,5 %	4,0 %
200	7000	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %

Anexo 3. Análisis de los costos de mantenimiento que surgen de una mayor circulación de camiones

A. Impacto de los costos de conservación al aumentar la carga normativa

Se realiza un cálculo estructural de las rutas a los efectos de que puedan soportar las cargas que circulan y considerando los límites de carga establecidos en las normas. El exceso de carga provoca un deterioro exponencial para el cual no está preparado el pavimento, de allí la importancia de realizar los correspondientes controles de carga.

Se calcularon paquetes estructurales estándar para soportar las cargas de diferentes niveles de tránsito, aplicando el método AASHTO 93, que tiene en cuenta la composición normal de la flota vehicular, el 55 % de los vehículos livianos (30 % de autos y 25 % de vehículos utilitarios), 3 % de ómnibus, 10 % de camiones livianos, 7 % de camiones de tamaño mediano, 10 % de camiones pesados y 15 % de camiones articulados. En este sentido, teniendo en cuenta una vida útil de 10 años de refuerzos del pavimento para un mantenimiento periódico y un promedio de crecimiento vehicular del 3 % anual, se calcularon los paquetes estructurales de pavimento de asfalto flexible para los diversos niveles de circulación. Estos niveles de circulación varían entre 10 000 vehículos por día⁶², la RN 34 fue diseñada con una longitud de tránsito-promedio ponderado de 9992⁶³ vehículos por día, y 3000 vehículos por día, el volumen de tránsito promedio de la red vial nacional es de 2779 vehículos por día⁶⁴. Se adoptó un diseño de pavimento bituminoso, que se utiliza en el 88 % de la red vial nacional.

Considerando la carga de flota estándar y los diversos volúmenes vehiculares, se estimó el número equivalente de ejes de 8,2 toneladas para una vida útil de 10 años. A su vez, se calculó el equivalente de ejes para las sobrecargas de 10 % y 20 % por eje, que tienen un impacto exponencial sobre el deterioro vial.

Teniendo en cuenta dichos aumentos de carga, se estimó la regularidad adicional necesaria para soportar los excesos de carga, con un refuerzo periódico previsto cada 10 años. En el cuadro 3.1 se muestra la regularidad asfáltica adicional necesaria para sobrecargas del 10 % y el 20 % con respecto a la carga de conformidad con la normativa, considerando un rango de volumen vehicular de 3000 a 10 000 vehículos por día.

Cuadro 3.1. Aplicación de mayor regularidad asfáltica como política de mantenimiento para soportar las sobrecargas.

Volúmenes vehiculares (vpd)	Vida útil de 10 años			
	Equivalencia de ejes (8,2 t/carga estándar por eje)	Sobrecarga	Equivalencia de ejes con sobrecarga (8,2 t/carga estándar por eje)	Mayor regularidad asfáltica (cm)

⁶² Vehículos por día

⁶³ PAD – Proyecto del corredor noroeste -2017.

⁶⁴ Base de datos vehicular de la DNV, 2018 (un total de 39 033 kilómetros, 1558 tramos de la red vial nacional).

10 000	4,64E+07	10 %	6,40E+07	2,0
10 000	4,64E+07	20 %	8,17E+07	3,5
7500	3,48E+07	10 %	4,54E+07	1,5
7500	3,48E+07	20 %	6,13E+07	3,0
5000	2,32E+07	10 %	3,20E+07	1,5
5000	2,32E+07	20 %	4,08E+07	3,0
3000	1,39E+07	10 %	1,92E+07	1,5
3000	1,39E+07	20 %	2,45E+07	2,5

De acuerdo con los volúmenes vehiculares, se deben incluir en las políticas de mantenimiento mayores regularidades de entre 1,5 centímetros y 3,5 centímetros para soportar las cargas incrementales.

Se calcularon los costos equivalentes por cada cm adicional de cemento asfáltico, que implica mayores costos en estrategias de mantenimiento inicial y periódico (cada 10 años). El costo del refuerzo para soportar la sobrecarga de los camiones da como resultado un promedio de USD 4,95 por cada cm de mayor regularidad, según las necesidades de refuerzo, con una tasa promedio de USD 24,76 por metro cuadrado por refuerzos estándar de 5 centímetros. Aquí se incluyen las tareas de mantenimiento para: sellado de grietas, emparchado, fresado correctivo, impermeabilización del caucho, capa asfáltica de 5 centímetros de regularidad promedio y señalización horizontal. En el cuadro 3.2 se describen los costos de la estrategia de mantenimiento y sus costos unitarios por metro cuadrado y por centímetro de regularidad. En el cuadro 3.3 se resume el costo adicional de conservación por cada 100 kilómetros de ruta, para diferentes volúmenes vehiculares.

Cuadro 3.2. Costos unitarios de la estrategia de mantenimiento de regularidad adicional

	Unidad	Costo unitario USD	Porcentaje (%) por km	USD/m ²
Sellado de grietas	m ²	2,51	5 %	0,13
Fresado correctivo	m ²	2,01	100 %	2,01
Revestimiento tack	m ²	0,91	100 %	0,91
Capa asfáltica de 5 cm	m ²	19,86	100 %	19,86
Bacheo	m ²	45,42	0,5 %	0,23
Señalización horizontal	m ²	26,07	6,3 %	1,63
Costo promedio por capa asfáltica de 5 cm				24,76
Costo adicional de mantenimiento preventivo por cm de regularidad				4,95

Cuadro 3.3: Costos adicionales de mantenimiento por cada 100 kilómetros de ruta, para diferentes volúmenes vehiculares

Volúmenes vehiculares (vpd)	Sobrecarga	Mayor regularidad asfáltica para una vida útil de 10 años (cm)	Costo adicional por m ² de mayor regularidad (USD/m ²)	Costo adicional por km (USD 1000/km)
10 000	10 %	2,0	9,90	71,31
10 000	20 %	3,5	17,33	124,79
7500	10 %	1,5	7,43	53,48
7500	20 %	3,0	14,86	106,96
5000	10 %	1,5	7,43	53,48

5000	20 %	3,0	14,86	106,96
3000	10 %	1,5	7,43	53,48
3000	20 %	2,5	12,38	89,14

De acuerdo con los volúmenes vehiculares y las sobrecargas, el costo adicional de conservación para absorber el impacto del exceso de cargas varía entre USD 5,35 millones y USD 12,48 millones cada 100 kilómetro, cada 10 años. El volumen vehicular promedio ponderado en la ruta 34 desde Jujuy hasta Rosario (1327 kilómetros) es de 4162 vehículos por día. Si extrapolamos los costos a todo el trayecto de la ruta 34, se estima que el mantenimiento necesario para una sobrecarga del 10 % será de USD 70,97 millones cada 10 años (USD 53 500 por kilómetro). En el caso de una sobrecarga del 20 %, el costo de mantenimiento adicional asciende a USD 130,11 millones⁶⁵ cada 10 años (USD 98 000 por kilómetro).

B. Impacto en el aumento de los costos de mantenimiento para la carga estimada en el transporte de litio e insumos

El aumento en los volúmenes vehiculares y las cargas generado por el transporte de litio y otros insumos resultará en la necesidad de un mantenimiento vial adicional, lo que conducirá al aumento de costos.

En el análisis se incluyeron volúmenes de carga de 2,2 millones de toneladas por año que serían transportadas en relación con la industria del litio. Estas cargas adicionales tendrán un efecto en el deterioro del pavimento.

Las proyecciones de la carga muestran que la carga total transportada en las provincias de Salta, Catamarca y Jujuy se estima en 70,71 millones de toneladas para el escenario 2 (38,93 millones en Salta, 21,05 millones en Catamarca y 10,73 millones en Jujuy) con diferentes orígenes y destinos. Sin embargo, el impacto en los corredores viales no será homogéneo: los tramos por donde circulan las cargas desde/hasta las 3 provincias serán los más afectados.

Considerando la carga promedio⁶⁶ de la industria del litio por provincia, en aquellos tramos viales en donde la carga se transporta por separado desde/hasta cada provincia, se prevé una regularidad asfáltica adicional de 1 centímetro⁶⁷. Esto implica un mayor costo de conservación de USD 3,56 millones por cada 100 kilómetros, cada 10 años. Se estimó que la longitud promedio de la ruta por provincia fue de 440 kilómetros⁶⁸, lo que implica un sobrecosto de conservación de USD 15,66 millones cada 10 años, equivalente a USD 36 000 por kilómetro cada 10 años, es decir, USD 3600 por kilómetro anualmente. Esto debe considerarse como un promedio para los tramos viales en donde se transporta por separado la carga desde/hasta cada provincia.

Considerando el promedio de carga total desde la industria del litio en el NOA, y los tramos viales que son comunes a las rutas de transporte desde/hasta las 3 provincias, se estimó una regularidad asfáltica adicional

⁶⁵ Se considera el promedio de los costos para una sobrecarga del 20 por ciento para 3000 vehículos por día y 5000 vehículos por día.

⁶⁶ Estimado como ejes equivalentes a 8,2 toneladas.

⁶⁷ Mediante el método AASHTO 93, en el que se considera una vida útil de 10 años y un volumen vehicular promedio de 3000 vehículos por día en la red vial nacional.

⁶⁸ La longitud promedio de las rutas hasta el principal corredor común desde cada provincia es la siguiente: 334 kilómetros desde Jujuy (a lo largo de la ruta 52, la ruta 34 y la ruta 9); 269 kilómetros desde Salta (desde Los Chorrillos hasta la intersección de la ruta 34 con la ruta 9); y 791 kilómetros desde Catamarca (desde la ruta del proyecto minero Tres Quebradas hasta la ruta 34 en La Banda, Santiago del Estero).

de 2,5 centímetros⁶⁹. Esto implica un sobre costo de conservación de USD 8,91 millones por cada 100 kilómetros, cada 10 años. La longitud promedio de la ruta desde el NOA hasta el Puerto de Rosario se estimó en 1160 kilómetros, que implica un sobre costo de conservación de USD 103,36 millones cada 10 años, lo que equivale a USD 89 100 por kilómetro cada 10 años, es decir, USD 8910 por kilómetro anualmente. Esto debe considerarse como un promedio para los tramos viales por donde se transporta la carga de las 3 provincias.

Para una distancia promedio de 1600 kilómetros desde cada provincia hasta el puerto de Rosario (440 kilómetros en donde los flujos de transporte de cada provincia corren de forma independiente y 1160 kilómetros que son en común), esto representaría un aumento en los costos de conservación de USD 119 millones cada 10 años (USD 15,66 millones + USD 103,36 millones), a un ritmo de USD 74 400 por kilómetro cada 10 años.

⁶⁹ Mediante el método AASHTO 93, en el que se considera una vida útil de 10 años y un volumen vehicular promedio de 3000 vehículos por día en la red vial nacional.

Anexo 4: Reducción de las emisiones de carbono al cambiar de modo vial a ferroviario

Para el presente estudio, se evaluó el desempeño del tránsito de carga en materia de cambio climático mediante una metodología ascendente. Entre las principales variables para calcular el desempeño de gases de efecto invernadero (GEI) se incluye la actividad del transporte total en toneladas, la distancia promedio del trayecto y la capacidad promedio del vehículo. Luego, se convierten las estimaciones del consumo de diésel resultantes en emisiones de GEI, mediante la aplicación de factores de emisión específicos del combustible para Argentina. Esta reducción de las emisiones se debe al hecho de que, en general, el transporte ferroviario tiene mayor eficiencia del combustible que el transporte vial, y emite menos dióxido de carbono por tonelada de carga transportada. Las emisiones de GEI se calculan para el 2019, que se establece como el año de referencia para desentrañar el efecto de la pandemia de COVID-19 en los últimos años. Estos factores se basan en el Informe Nacional del Inventario del Tercer Informe Bienal de Actualización de la Convención Marco de las Naciones Unidas para la República Argentina (SGAyDS, 2019).

El depósito a las ruedas (TTW) y el pozo a tanque (WTT) son dos formas diferentes de medir emisiones en el sector del transporte. Si bien el TTW mide las emisiones solo durante la operación del vehículo, el WTT tiene en cuenta todo el ciclo de vida del combustible, que puede brindar un entendimiento más integral del impacto ambiental del sector del transporte.

B: Factor de consumo de energía	Consumo promedio de gasoil de camiones por km	0,4 l/km	Bolsa de Comercio de Rosario. Guía estratégica para el agro
C: Factor de emisión	Factor de emisión de GEI de gasoil del depósito a las ruedas (incluye CO ₂ , CH ₄ y N ₂ O)	2,67 kg CO ₂ e/l	Inventario Nacional de emisiones de GEI
	Factor de emisión de GEI de gasoil del pozo al tanque (incluye CO ₂ , CH ₄ y N ₂ O)	0,83 kg CO ₂ e/l	SGAyDS, (2019)

MOD	Ton	Ton-Km	Distancia media (de la carga)	Camiones/Viajes (100% V.Vacío)	Camiones/Viajes (50% V.Vacío)	Camiones (0% V.Vacío)	Vehículo-Km (100% v.vacío)	Vehículo-Km (50% v.vacío)	Vehículo-Km (0% v.vacío)	Emisiones de depósito a las ruedas (toneladas de Co ₂ e)	Emisiones del pozo al tanque (toneladas de Co ₂ e)
2021	393,064,320	143,718,239,315	365.6	27,170,183	18,113,455	13,585,092	9,934,381,426	6,622,920,951	4,967,190,713	22,988,159	7,146,131.71
2045_Esc_1	582,974,640	229,846,563,659	394.3	40,297,547	26,865,031	20,148,773	15,887,916,827	10,591,944,552	7,943,958,414	36,764,640	11,428,708.17
2045_Esc_2	583,324,640	230,229,346,506	394.7	40,321,740	26,881,160	20,160,870	15,914,376,314	10,609,584,209	7,957,188,157	36,825,867	11,447,741.36

Anexo 5: Antecedentes sobre las responsabilidades institucionales del transporte y las normas pertinentes

Sector vial

En los últimos años, ha habido cambios en el marco regulatorio⁷⁰ que habilitaron el uso de un conjunto de vehículos con mayor capacidad de carga, denominados camiones escalables⁷¹ y bitrenes; estos consisten en dos o más remolques o semirremolques transportados por una unidad tractora (o trenes viales, B dobles). Entre las normas asociadas con estos vehículos, se destacan las siguientes:

- Decreto 27/2018 (DNU) - Ley 27445 “Desburocratización y simplificación”: Modifica la Ley de Tránsito 24449, que permite mayores pesos y dimensiones para los vehículos de carga.
- Decreto 32/2018. Modifica el Decreto reglamentario 779/95 sobre "Pesos y Dimensiones". Establece las configuraciones de los vehículos (dimensiones y pesos máximos) y los ejes (pesos máximos). Determina la circulación vehicular (libre movimiento para unidades de hasta 25,4 metros, y los camiones entre 25,4 m y hasta 30,25 m solo podrán circular en determinados corredores, en algunos casos, y solo con autorización previa). También define la antigüedad máxima y las medidas de seguridad necesarias.
- Resolución 884/2018 del Ministerio de Transporte: Manual del usuario de los vehículos de configuración bitren y determinación de las condiciones para la implementación de los requisitos de potencia-peso, sistema ABS (sistema antibloqueo de frenos) y sistema EBS (sistema electrónico de frenado).

Entre otras medidas regulatorias pertinentes recientes se incluyen:

- Límites de velocidad para vehículos de más de 3500 kilos: los vehículos fabricados a partir del 2017 deben incluir un dispositivo limitante que no permita conducir a más de 90kilómetros por hora, de modo de mejorar la seguridad vial, reducir el consumo de combustible, las emisiones y los costos de mantenimiento.
- Sistema de turnos obligatorio: solo los camiones con un turno asignado para descargar deben arribar o acceder a las terminales de descarga o de almacenamiento, a fin de reducir el tiempo de espera y evitar la congestión.

Sector ferroviario

La Administración de Infraestructuras Ferroviarias (ADIF), una empresa estatal, se ocupa de las inversiones en la red ferroviaria gestionada públicamente. El sistema ferroviario de carga fue reformado por última vez a principios de la década de 1990, cuando se otorgaron concesiones a empresas privadas de gran parte de la red ferroviaria, con la única excepción de la trocha angosta que, bajo diversas modalidades y de forma intermitente, permaneció mayormente en manos del gobierno. Las actuales concesiones privadas están conformadas por FerroExpreso Pampeano (FEPSA), que opera las líneas Sarmiento / Roca; NCA, que gestiona

⁷⁰ Otra legislación clave (anterior) que rige dicho sector incluye la Ley 24449 (Ley de Tránsito) que regula el uso de rutas públicas y rige el movimiento de los vehículos terrestres, adaptándose a los requisitos mínimos de las normas del Mercado Común del Sur (Mercosur). En el artículo 53 y el anexo R de su decreto normativo 779/95 se muestran las dimensiones y el peso máximo y la relación potencia-peso mínima que rige el transporte de cargas.

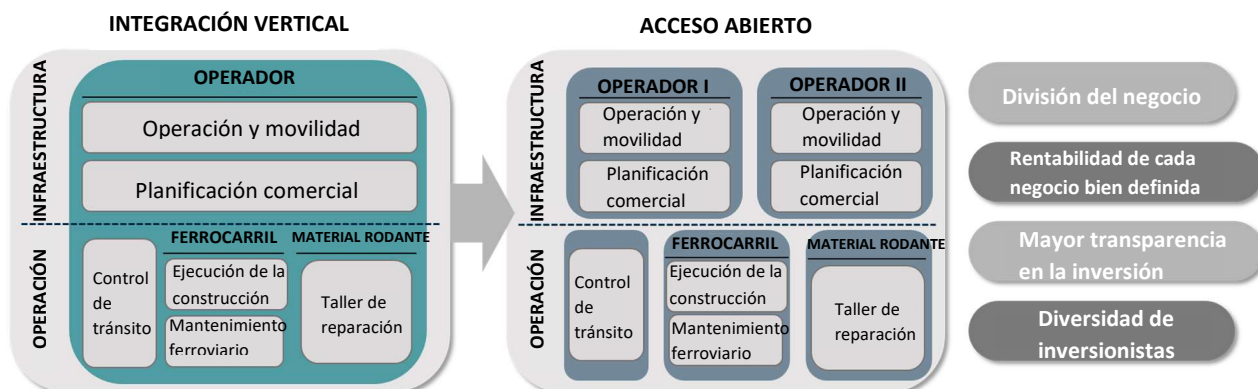
⁷¹ Si la potencia lo permite, en algunas configuraciones se puede transportar más carga y mantener el peso transmitido a la ruta por eje, es decir, sin un daño adicional sobre el pavimento.

la línea Mitre, y Ferrosur Roca, a cargo de la línea Roca. Trenes Argentinos Cargas (legalmente Belgrano Cargas y Logística S.A.) es una empresa cuyos accionistas son tres empresas estatales: ADIF, Trenes Argentinos Operaciones y la Administración General de Puertos (AGP). Controla las líneas Belgrano, San Martín y Urquiza.

El sistema ferroviario de carga se caracteriza por ser un sistema de concesión de integración vertical. Esto implica condiciones de exclusividad comercial, una fuerte concentración en algunos mercados, una oferta escasa (no solo condicionada por el modo mismo, sino por las interfaces de carga y descarga que reducen significativamente la eficiencia del sistema) y su incapacidad de ampliar los servicios a empresas más exigentes en términos de calidad y confiabilidad. En el 2015, se aprobó la Ley 27132, en cuyo artículo 4 se establece "la modalidad de acceso abierto a la red ferroviaria nacional para la operación de los servicios de transporte de cargas y de pasajeros". Mediante esta nueva regulación se permitirá que "cualquier operador pueda transportar la carga con origen y destino en cualquier punto de la red, independientemente de quien detente la titularidad o tenencia de las instalaciones del punto de carga o destino". En la ley también se dispone la creación de un Registro de Operadores de Carga y Pasajeros, en donde se pueden registrar las concesiones actuales para dar continuidad a los contratos de carga vigentes. A pesar de que el decreto que rige la ley se publicó en 2019, aún no se adoptó el nuevo esquema de operación de la red.

Control de tránsito

Gráfico 43: Prestación del servicio ferroviario bajo acceso abierto y modo en que mejora la eficiencia del ferrocarril



Fuente: elaboración propia

Considerando los cambios sustanciales propuestos por el sistema, se están evaluando tres fases tentativas de evolución del plan de ejecución del acceso abierto. La primera fase más inmediata es la fase de preparación inicial, durante la cual se llevarán a cabo acciones críticas, como definir las inversiones en infraestructura. La duración de esta etapa dependerá de las condiciones macroeconómicas y financieras del país. Luego, comenzará la etapa de inversión, durante la cual se prevé la realización de las mejoras y renovaciones necesarias para readaptar el estado de la infraestructura y prepararla para el nuevo modelo de operaciones. Al mismo tiempo, se realizarán obras para detallar el diseño del nuevo modelo, definiendo cada uno de los elementos clave, emitiendo las normas necesarias y reajustando la estructura organizativa y funcional del sistema. Finalmente, en la última etapa se incluirán los pasos finales de migración, es decir, la conclusión de un modelo con separación vertical y competencia en la operación.

El futuro incierto de la estructura de gestión de los ferrocarriles de carga (acceso abierto, concesiones, administración pública) genera dudas, y da lugar a contratos de mercado al contado más costosos, lo que impide la planificación e inversión a largo plazo de las empresas. Es probable que los contratos de concesión, como los conocemos, se desvanezcan a medida que haya disponibilidad de recursos y financiamiento para invertir en la infraestructura ferroviaria, siempre considerando la premisa de al menos respetar la duración del

contrato o prorrogándolo a un máximo de 10 años desde el final del plazo de concesión original. Por el momento, la reestructuración está totalmente frenada y, aun así, persiste la incertidumbre sobre el futuro de las concesiones y los contratos que se firman no pueden tener una perspectiva a largo plazo.

En resumen, varios cuellos de botella obstaculizan el desarrollo ferroviario y su rol en los corredores económicos del NOA:

- La heterogeneidad del estado de la infraestructura, con muchas vías en condiciones regulares o malas, lo que conduce a bajas velocidades y descarrilamientos frecuentes, principalmente en el corredor del "azúcar", que da como resultado una mala rotación de los vagones;
- Falta de centros de concentración de carga, reservas y presencia privada;
- Problemas de congestión y acceso en las áreas portuarias y grandes centros urbanos;
- Falta de claridad en la implementación del acceso abierto. La falta de reglamentación de la Ley 27132 y la publicación de la resolución 211/2022 y sus modificaciones no parecen concordar con la implementación definitiva de este modelo, lo que genera incertidumbre para los posibles inversionistas privados;

Anexo 6: Ejemplos de la inversión en rutas y la distribución de los costos de mantenimiento entre el sector público y privado

1. *Productores del sector de los productos básicos agrícolas*

Mato Grosso, Brasil

La principal actividad del estado de Mato Grosso es la agricultura orientada a la exportación, que está exenta del impuesto ICMS⁷² por ley federal. Con el objetivo de capturar parte del valor agregado agrícola del Estado y de contribuir con una importante infraestructura pública, el Gobierno de Mato Grosso creó el Fondo Estadual de Transporte y Vivienda (*Fundo Estadual de Transporte e Habitação*, FETHAB) en el 2000⁷³. Se cobra un gravamen sobre los principales cultivos agrícolas de exportación (soja, maíz, algodón, ganado, madera) y sobre el consumo de combustible diésel.

Los aportes sobre los productos básicos se establecen como gravamen unitario, que se ajusta por inflación cada seis meses⁷⁴. Los recursos se comparten con las municipalidades y, hasta el 2018, se los destinaba mayormente a inversiones en infraestructura de transporte y vivienda. Al final de 2018, las alícuotas más altas sobre los productos básicos alcanzaron su vencimiento, lo que amenazó con una reducción de los ingresos por FETHAB en aproximadamente un 32 %. En 2019, el Estado adoptó la Ley 10818/2019 para renovar el FETHAB sobre los productos básicos por cuatro años (2019-22) y estableció las alícuotas sobre los productos básicos agrícolas por encima de las vigentes hasta diciembre de 2018 (significativamente en el caso del algodón, véase el cuadro 7), ampliando así la cobertura del FETHAB en la producción ganadera e introduciendo un nuevo gravamen sobre el maíz destinado al consumo fuera del Estado. Se esperaba que la reforma aumentara los ingresos anuales de los gravámenes del FETHAB sobre la producción agrícola de BRL 870 millones en 2018 a BRL 1350 millones en 2021 (Banco Mundial, 2019c). Para agosto de 2022, el FETHAB para productos básicos ya había acumulado BRL 1911,5 millones⁷⁵, excediendo así en gran medida el objetivo inicial (Banco Mundial, 2022b).

Chaco, Argentina⁷⁶

La regulación pública más importante referida al auge del poroto de soja, como en las últimas dos décadas en la provincia del Chaco, es la retención impositiva impuesta por el gobierno nacional. Esta medida, una política pública de larga data en Argentina, fue restablecida tras la crisis del 2001 y, con el auge de las semillas oleaginosas, contribuyó a inyectar en el país divisas extranjeras y recursos al gobierno nacional. Parte de las transferencias enviadas por el gobierno federal al Chaco desde el 2002, se debían en gran medida a la riqueza generada por la soja. Además, el gobierno provincial del Chaco introdujo modificaciones que buscaron retener en las arcas provinciales parte de la riqueza generada por la agricultura de exportación. Así, en 2012, se

⁷² *Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços* ("ICMS", o impuesto sobre la circulación de mercaderías y servicios)

⁷³ El FETHAB fue reestructurado en 2015 (Lei n° 10.353/2015). Además, en 2017 y 2018 aumentaron las alícuotas (Lei n° 10.480/2016), por lo que se duplicaron los gravámenes sobre los productos básicos agrícolas (salvo el ganado) y se aumentó la alícuota sobre combustible diésel de BRL 0,18 por litro a BRL 0,21.

⁷⁴ Para el combustible diésel, el impuesto se fija directamente como valor nominal (actualmente BRL 0,21) por litro. El FETHAB sobre el combustible no genera ingresos netos ya que los contribuyentes pueden deducir el monto pagado del impuesto estatal sobre el combustible (ICMS).

⁷⁵ Equivalente a alrededor de USD 392 millones de acuerdo con el tipo de cambio a junio de 2023.

⁷⁶ Heredia, M. y M. Perez. (2017). Intervención estatal más allá de las retenciones. Las regulaciones ante la soja en el Chaco. XVI Jornadas Interescuelas/Departamentos de Historia. Departamento de Historia. Facultad de Humanidades. Universidad Nacional de Mar del Plata, Mar del Plata.

implementó una reforma impositiva por la que los productores debían pagar, como ingreso bruto, el 1 % de su facturación, mientras que los grupos de siembra, los fondos de inversión y las grandes empresas de otras jurisdicciones pagarían el 3,5 %. Los productos agrícolas y ganaderos tendrían un gravamen del 4,1 %.

Además de la política nacional de retención de impuestos y los esfuerzos provinciales por ajustar las leyes impositivas a las nuevas condiciones generadas por la expansión de la soja, a partir del 2009, se agregaron los recursos del Fondo Federal de Solidaridad. De hecho, el gobierno nacional creó un fondo específico que estableció que el 30 % del monto total que recibe el gobierno nacional por los derechos de exportación de la soja y sus derivados, sería coparticipado de forma automática a las provincias. Por ley, el Fondo tenía un fin específico: financiar, en las provincias y municipalidades, obras que contribuyeran a la mejora de la infraestructura sanitaria, educativa, hospitalaria, de viviendas y viales en las áreas urbanas y rurales. Por medio del decreto 570/09, el Gobernador del Chaco estableció que se asignaría el 30 % de los fondos recibidos del fondo federal a las municipalidades, basado en los porcentajes e índices de distribución determinados por la Ley 3188 de la Provincia del Chaco, con fecha 10 de octubre de 1986, a saber, el Fondo Municipal de Participación.

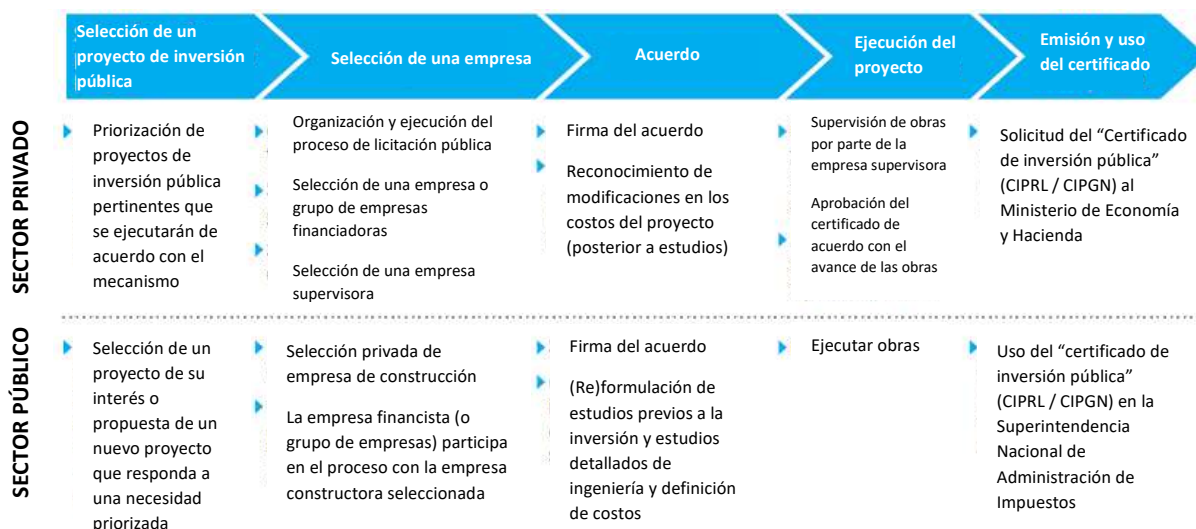
Una vez adoptado el criterio de distribución, los recursos del fondo de la soja se convirtieron en un significativo alivio financiero para todas las provincias y un pilar sustancial en la formulación de los presupuestos provinciales, en especial, en relación con las obras públicas que se lleven a cabo. De acuerdo con los datos de la Subsecretaría de Relaciones con las Provincias del Ministerio Nacional del Interior, en 2015, la provincia del Chaco recibió un total de ARS 757 699 774,62. Por su parte, la provincia distribuyó ARS 315 446 729,91 a sus 69 municipios ese mismo año. Un punto interesante de mencionar es que los municipios que obtuvieron la mayoría de los recursos del fondo de la soja no eran productores de soja.

2. *Empresas de minería y de otros sectores de extracción*

Perú

Obras por impuestos es una modalidad de ejecución de inversiones públicas en Perú que les permite a los sectores público y privado trabajar en conjunto para reducir la brecha en infraestructura y servicios públicos del país, mediante la firma de un Acuerdo de Inversión (ProInversión, 2023). *Obras por impuestos*, creado en 2008, es un abordaje innovador que acelera la inversión en infraestructura. Les permite a las empresas privadas "pagar" sus impuestos sobre la renta de forma anticipada a través de la ejecución de proyectos de obras públicas. Al aceptar estos proyectos de infraestructura en lugar de impuestos futuros, los gobiernos nacionales, regionales y locales pueden prescindir de la movilización de fondos públicos y reducir la carga sobre los presupuestos gubernamentales, dado que el sector privado asume los costos iniciales y la gestión de los nuevos proyectos de infraestructura (IFC, 2018). Entre los proyectos que califican se incluyen todos aquellos con factibilidad, Identificación de Inversiones de Optimización, de Ampliación Marginal, de Rehabilitación y de Reposición, actividades de operación y/o mantenimiento registradas en el Programa Nacional Multianual y en el Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones - Invierte.pe¹. Entre ellos se incluyen rutas de zonas rurales, electrificación rural, autopistas y otros tipos de infraestructura.

Gráfico 6.1: Proceso simplificado del mecanismo "Obras por impuestos"



Fuente: AC Pública. (2017). "Mecanismo de Obras por impuestos"; AC Pública. (2017). "Ayuda Memoria: Financiamiento de proyectos de inversión pública a través del mecanismo de obras por impuestos."

El beneficio incluye:⁷⁷

- **El gobierno:** *Obras por impuestos* les brinda a las entidades gubernamentales acceso anticipado a los recursos financieros, y les permite emprender obras públicas y brindar servicios de calidad en un plazo más corto. Además, libera los recursos humanos y físicos para ser utilizados en otros proyectos pertinentes.
- **La empresa financista:** Al emprender obras públicas y brindar servicios, las empresas tienen un impacto directo en sus comunidades y pueden mejorar las relaciones con las partes interesadas. Además, las empresas pueden invertir en obras que faciliten sus operaciones o aporten externalidades positivas, como mayor competitividad o reducción del delito.
- **La comunidad local:** La ejecución mejorada de las obras públicas les aporta a las comunidades locales mejor infraestructura y servicios públicos, incluidas las rutas, los puentes y las escuelas. A su vez, estos pueden mejorar la fuerza de trabajo local y aumentar los ingresos por vivienda. Asimismo, los proyectos de construcción generan empleo local.

De acuerdo con ProInversión, entre 2009 y 2017, se invirtieron más de USD 1000 millones a través de *Obras por impuestos* (el sector del transporte representó el 35 % del total, el más importante), lo que benefició a más de 15 millones de peruanos.

Chile

En Chile, el sector minero contribuye al desarrollo de infraestructura mediante fondos especialmente creados. Por ejemplo, el Fondo de Estabilización del Precio del Cobre, financiado por una parte de los ingresos del cobre, se utiliza para financiar los proyectos de infraestructura que respaldan las regiones mineras. Los recursos del fondo se asignan a iniciativas como rutas, puertos, obras de abastecimiento de agua e infraestructura energética.

Australia

Algunas jurisdicciones han establecido acuerdos en virtud de los cuales una parte de los pagos de las regalías mineras se destinan al desarrollo de infraestructura en las regiones afectadas por las actividades mineras. El

⁷⁷ IFC, (2018). Esquema de Obras por impuestos de Perú: Una solución innovadora para acelerar la provisión privada de inversiones en infraestructura. Corporación Financiera Internacional, Nota 55, junio.

gobierno y el sector minero colaboran para identificar y priorizar los proyectos de infraestructura que benefician tanto a la industria como a las comunidades locales.

Corredores de minería de hierro y bauxita, Guinea

Guinea cuenta con algunos de los mayores depósitos de bauxita y mineral de hierro del mundo, pero su desarrollo ha sido lento debido a la falta de estructura existente (ferrocarril y puertos) como para transportar de forma eficiente los recursos minerales desde el interior hasta los mercados internacionales, entre otros factores. Además, la tensión social es un factor importante en las áreas mineras de Boké (noroeste), en donde las personas no se benefician lo suficiente de los ingresos de la minería. A fin de establecer las condiciones adecuadas para las inversiones del sector privado en el sector minero, se desarrolló el Plan maestro para el financiamiento de infraestructura minera complementaria en 2014, financiado por el Banco Mundial y avalado por varias empresas mineras. En el plan maestro se identificaron cuatro posibles corredores de desarrollo en consonancia con las instalaciones mineras existentes y potenciales, y se diseñó el marco legal para permitir el uso compartido de estas infraestructuras (puertos, ferrocarriles) para distintos usuarios del sector minero y el transporte de pasajeros y carga (en especial, en relación al área urbana de Conakry). La ejecución de este plan maestro y el marco legal ha sido limitada por los intereses privados de las empresas mineras (particularmente RUSAL), que son las concesionarias de las líneas ferroviarias, y por la falta de coordinación entre las entidades institucionales (Ministerios de Transporte y Minería y los organismos públicos como la Agencia Nacional de Desarrollo de la Infraestructura Minera y la Sociedad de Patrimonio Minero de Guinea).

Por consiguiente, se firmó el primer acuerdo de mutualización de la infraestructura ferroviaria (Acuerdo de Compartición de Infraestructura en el NOA, entre el gobierno y tres empresas mineras (CBG, GAC y RUSAL). Los ahorros estimados de la mutualización fueron significativos, equivalentes en valor absoluto para el ferrocarril y los puertos, pero muy superior para los puertos en valor relativo. El ahorro en CAPEX fue de alrededor del 20 %. Para alcanzar los objetivos de mutualización, tanto para el Estado como para las empresas mineras, se recomendaron las siguientes acciones:

- Dividir la gestión de las infraestructuras y la operación para garantizar un trato igualitario entre las diversas empresas
- Definir reglas para acceder a las infraestructuras
- Definir reglas para el financiamiento de las infraestructuras y la fijación de tarifas para su uso
- Establecer un regulador

En 2018, se actualizó el Plan maestro para el financiamiento de infraestructura minera complementaria, momento en el cual se revisaron las necesidades de inversión portuaria y ferroviaria en vistas a los anuncios de producción de las empresas mineras a mediano y largo plazo. Actualmente, solo el corredor ferroviario del norte, que conecta Boké con el puerto minero de Kamsar, es compartido por diferentes usuarios (Banco Mundial, 2018).

Desarrollo de rutas mineras:

- SMB opera su concesión (30 toneladas métricas por año) con dos rutas de 40 kilómetros de longitud
- Muchas otras empresas mineras intentan operar su concesión con el mismo modelo, con camiones (camiones normales de 40 toneladas o camiones específicamente pesados)