

Serie de estudios para
el Desarrollo Minero

Exploración en Argentina

Junio 2023

Dirección Nacional de Promoción y Economía Minera
Subsecretaría de Desarrollo Minero



Ministerio de Economía
Argentina

Secretaría de Minería

AUTORIDADES

Presidencia de la Nación

Dr. Alberto Fernández

Ministerio de Economía

Dr. Sergio Tomás Massa

Secretaría de Minería

Abg. María Fernanda Ávila

Subsecretaría de Desarrollo Minero

Dra. Pamela Morales

Dirección Nacional de Promoción y Economía Minera

Lic. Jorge Matías González

Dirección de Transparencia e Información Minera

Lic. Gonzalo Luis Fernández

Dirección de Economía Minera

Geol. Marina Corvalán

Dirección de Análisis y Desarrollo de Proyectos de Inversión Minera

Geol. Gabriel Del Marmol

Equipo de Trabajo

Geol. Manassero, Sofía | Lic. Nussbaum, Agustín



Resumen ejecutivo

Dentro de la actividad minera, la exploración es una etapa fundamental en muchos aspectos. La determinación de nuevas áreas mineralizadas permite por un lado incrementar los recursos minerales de un país, y por otro, posibilitar el inicio de nuevos proyectos y/o ampliar la vida útil de aquellos que se encuentran en operación. A su vez, el valor de una empresa minera depende en parte de la calidad y cantidad de sus recursos minerales, y es mediante las actividades exploratorias que pueden estudiar mejor el yacimiento y ampliar estos parámetros, traduciéndose en caso de éxito, en un incremento del valor de la compañía. Es por esta razón, que las mismas asumen los riesgos asociados a esta actividad.

Esta actividad económica tiene como particularidad, los extensos plazos requeridos para el desarrollo de sus etapas, asociados a largos períodos de recupero de inversión y al alto riesgo del mismo. Dentro de estas fases que van desde actividades exploratorias a la producción en mina, la exploración es la de mayor riesgo asociado y mayor incertidumbre.

La exploración representa entonces, un gran costo hundido para las firmas dado que implica grandes erogaciones de capital con resultados inciertos. En este sentido, a nivel global, Canadá, Australia y Estados Unidos lideran el ranking de inversiones en exploración, lo que como contrapartida, puede verse en las estimaciones de recursos y reservas de estos países para los principales commodities. En el caso del oro, por ejemplo, según datos de S&P capital, estos tres países son los primeros en recursos y reservas en congruencia con sus presupuestos exploratorios elevados. A su vez, tienen la mayor cantidad de proyectos activos en 2022 para este metal. A nivel regional, un buen ejemplo en cuanto a la relación recursos y reservas vs. exploración, puede encontrarse en Chile, donde el país trasandino, con fuerte tradición minera en cobre, lidera el ranking de presupuestos exploratorios y, al mismo tiempo, el de recursos y reservas de este metal.

Por último, en el caso de Argentina, puede observarse un gran crecimiento en los presupuestos exploratorios en los últimos años, ubicándose, en 2022, en tercer lugar en Latinoamérica, detrás de Chile y Perú, principales países mineros de la región. Asimismo, si se compara estos presupuestos en Argentina con lo invertido por las mismas firmas en otros países, se evidencia un aumento en el peso relativo del país, pasando del 10% al 19,08% en los últimos 10 años. Los montos invertidos en exploración pueden utilizarse, además, como indicadores de las exportaciones mineras futuras del país. En este sentido, resulta importante destacar el predominio en 2020 de las inversiones efectivas en litio (45% del total, seguido por oro y cobre), lo que da cuenta de la importancia que tendría este mineral, clave en la transición energética, en las exportaciones futuras del país. En lo que respecta al oro, sin embargo, la exploración se desarrolla mayormente en yacimientos que actualmente están en operación, lo cual refleja la intención por parte de las compañías, de aumentar la vida útil de los mismos.



Índice

Resumen ejecutivo	3
I. Introducción	5
II. Etapas de un proyecto minero	6
III. Importancia, etapas y actividades de la exploración	9
Estudios de geología iniciales	10
Estudios geoquímicos	11
Estudios geofísicos	13
Calicatas y trincheras	17
Perforaciones	18
Perforaciones de circulación reversa	19
Perforaciones de diamantina	20
IV. Inversión en exploración en Argentina	24
Estructura financiera de la exploración	24
Contexto regional	26
Presupuestos exploratorios en Argentina	28
Estructura normativa de la exploración	30
Distribución por commodity: el caso del litio	30
Distribución geográfica de los proyectos en exploración	33
V. Conclusiones	37
VI. Bibliografía	38



I. Introducción

El descubrimiento y la estimación de recursos tienen una gran importancia para incrementar los recursos y las reservas del país de los diferentes metales y minerales tales como el oro, la plata, el cobre y el litio. Estos valores son además, de especial importancia para la futura radicación de proyectos con intenciones de producir dichos commodities.

Determinar los recursos de un país es, en este sentido, un paso fundamental para el fomento de las inversiones en el sector. El interés por las compañías de incrementar sus recursos y reservas generan un impacto en la exploración del país. No obstante, como se desarrollará en las próximas secciones de este documento, esta actividad es un gran costo hundido para las firmas tanto en metales como en litio dado que implica grandes erogaciones de capital con resultados inciertos y, en caso de ser exitosos, el beneficio económico se percibe en el largo plazo.

En este informe se intenta dar a conocer la situación actual de la actividad exploratoria en el país en lo que respecta a la minería metalífera y el litio. Se desarrollan los distintos métodos de exploración más utilizados en la industria, y se analizan las inversiones en exploración que se han destinado en el país en los últimos años, como así también, la proyección futura de las mismas.

El documento se divide a grandes rasgos en dos apartados. En el primero se desarrollan los aspectos técnicos de la exploración. Se incluyen las etapas iniciales de un proyecto minero y particularmente las distintas fases de la exploración junto con el impacto de la actividad en las reservas. A su vez, se desarrollan distintos tipos de estudios dando ejemplos de proyectos puntuales en el país.

En el segundo apartado, se presentan los aspectos económicos de la exploración en Argentina. En primer lugar, se analizan los presupuestos destinados a la exploración de las distintas firmas en el país y su comparación con el contexto regional y mundial. En segundo lugar, se muestra la inversión efectiva en exploración, desagregando la misma por provincia y proyectando con estos datos el escenario futuro de la minería en Argentina.



II. Etapas de un proyecto minero

Los proyectos mineros atraviesan distintas etapas antes de alcanzar la explotación de minerales y convertirse en una mina¹. Entre las etapas previas a la producción, se encuentran la etapa de prospección, de exploración, de evaluación económica preliminar, de prefactibilidad, de factibilidad y de construcción.

La primera etapa se denomina **prospección**, la cual está orientada a encontrar áreas con presencia de minerales de interés realizando estudios en extensas superficies. Sin embargo, la presencia de una anomalía mineral no significa necesariamente que se haya descubierto un yacimiento.

Luego comienza la etapa de **exploración**, cuyo objetivo es dimensionar y caracterizar los minerales que contiene el depósito para determinar si es económicamente rentable su explotación y si puede considerarse un yacimiento.

En la etapa de **evaluación económica preliminar** (PEA, sus siglas en inglés) se confecciona un estudio preliminar, que incluye un análisis económico de la viabilidad del proyecto minero. El PEA puede basarse en recursos minerales medidos, indicados o inferidos, o en una combinación de cualquiera de estos.

Posteriormente se avanza a la etapa de **prefactibilidad**, donde se realiza un análisis financiero basado en supuestos razonables sobre las consideraciones mineras, de procesamiento, metalúrgicas, económicas, comerciales, legales, ambientales, sociales y gubernamentales y la evaluación de cualquier otro factor relevante que sea suficiente para que una persona calificada, determine qué parte del Recurso Mineral puede ser clasificado como Reserva Mineral.

Más adelante, comienza la etapa de **factibilidad**, donde se realiza un estudio detallado de cómo se construirá la mina. Un estudio de factibilidad es un estudio técnico y económico completo de la opción de desarrollo seleccionada para un proyecto mineral que incluye evaluaciones apropiadamente detalladas para demostrar que la extracción está razonablemente justificada. Esta etapa es muy importante, puesto que como su nombre lo indica, es cuando se evalúa la factibilidad del proyecto y es el momento en el que se toma la decisión de construcción, o no, de una mina.








Como se puede apreciar de lo expresado anteriormente, a medida que se avanza en las distintas etapas de un proyecto minero, el análisis que se requiere realizar es más detallado que en la fase anterior. Ello demanda una mayor inversión, redundando en un mayor conocimiento del proyecto, y con ello aumentando las posibilidades de recupero de la inversión. Sin embargo, un pequeño porcentaje de los proyectos se transforman en minas en operación, por lo que los riesgos son altos.

¹https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/20220818_acuerdo_para_homologar_criterios_de_avance_de_proyectos_smn-cofemin.pdf



La etapa de **construcción** comienza con la realización de las obras de infraestructura y la preparación de la mina. Involucra la construcción de las instalaciones necesarias para la explotación del yacimiento como la extracción, el tratamiento y el transporte de minerales. De esta manera, la mina puede avanzar al estado operativo, la **producción**.

Infografía 1: Principales etapas de un proyecto minero

- | | |
|--|---|
|  1 Prospección |  5 Factibilidad |
|  2 Exploración |  6 Construcción |
|  3 Evaluación económica preliminar |  7 Producción |
|  4 Prefactibilidad | |

Fuente: Dirección de Economía Minera

La cartera de Argentina incluye **161 proyectos mineros**, con cobre, litio, oro, plata, carbón, uranio y potasio como principales commodities. Actualmente 20 proyectos se encuentran operativos. En 12 establecimientos el metal principal es el oro y en 3 el producto mayoritario es plata. Además, el país cuenta con dos operaciones que producen carbonato de litio. Existen también una gran cantidad de proyectos de la cartera que se encuentran en etapas avanzadas: 9 proyectos se encuentran en construcción, 11 en factibilidad, 4 en prefactibilidad, y 10 en evaluación económica.

Además, **92 proyectos** se encuentran en estado de **exploración**, tanto en estados avanzados como iniciales. Un gran porcentaje de estos proyectos son de litio y oro (ambos con 28,57 % del total de la cartera). En el caso del litio, este elemento posee la mayor cantidad de proyectos en estados avanzados de exploración. Los mismos representan una gran oportunidad para el país, por el potencial incremento de las exportaciones de carbonato de litio. A estos dos minerales le siguen plata (con 20%) y cobre (14%).

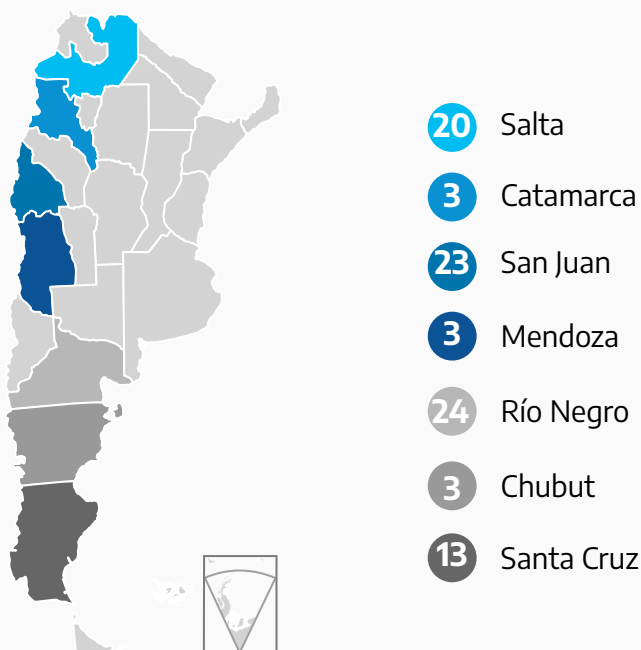
Dentro de esta cartera de proyectos en exploración, la provincia de San Juan, se posiciona como la provincia con mayor cantidad de proyectos, principalmente de cobre, de oro y de plata. A la cual le siguen Salta, Santa Cruz y Catamarca, tal como indica el mapa que se muestra a continuación. Es importante destacar el caso de Río Negro, provincia que, si bien posee la mayor cantidad de proyectos en exploración (24), 23 de ellos se encuentran en exploración inicial. La provincia, al mismo tiempo, cuenta con solamente dos proyectos avanzados: Calcatreu, actualmente desarrollando su estudio de factibilidad, y Amarillo Grande, en PEA.



Cabe destacar que estos números no reflejan la totalidad de la actividad exploratoria en el país, debido a que tienen en cuenta sólo aquellos proyectos que suponen nuevos descubrimientos. En este sentido existen minas que ya se encuentran en producción y que continúan ampliando su conocimiento sobre el yacimiento. En el mapa no se han representado las actividades que se realizan en zonas aledañas a proyectos mineros donde la empresa ya ha realizado una inversión, un tipo de exploración denominado “Brownfield”. En Santa Cruz por ejemplo, un gran porcentaje de las inversiones en exploración fueron realizadas en proyectos que ya se encuentran en producción, en los últimos años de su vida útil.

Tanto la exploración de litio como de cobre han tomado relevancia en estos últimos años, por su rol fundamental en la transición energética. Esto va en sintonía con las proyecciones elaboradas por la Agencia Internacional de la Energía para 2040, donde la demanda global de minerales y metales, para su uso en tecnologías de energía limpia, se duplicaría en el “Escenario de Políticas Declaradas” (STEPS, por sus siglas en inglés), elaborado en base a las políticas actuales en el sector de la energía y, se cuadruplicaría en el “Escenario de Desarrollo Sostenible” (SDS, por sus siglas en inglés), el cual supone, que los países cumplen en su totalidad con los objetivos mundiales pactados en el Acuerdo de París².

Mapa 1: Distribución por provincia de los proyectos en estado de exploración



Fuente: Cartera de Proyectos elaborada por la Dirección Nacional de Promoción y Economía Minera.

² Informe Metales y Minerales Críticos para la Transición Energética - Secretaría de Minería
https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/metales_y_minerales_criticos_para_la_transicion_energetica_serie_de_estudios_para_el_desarrollo_minero_2.pdf



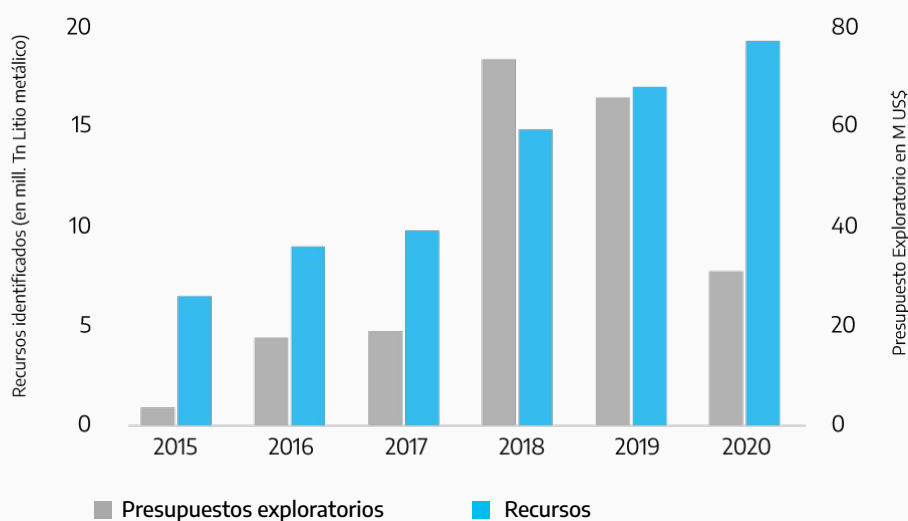
III. Importancia, etapas y actividades de la exploración

Las actividades de exploración constituyen, junto con la prospección, los primeros eslabones de la cadena de valor de la industria minera. A partir de ellas se logra una caracterización del yacimiento y una estimación del recurso mineral.

El incremento en las actividades de exploración se encuentra estrechamente relacionado con el aumento de recursos y reservas, importantes para garantizar las bases para el desarrollo del sector. Sin embargo, la particularidad de este tipo de actividades, es que este incremento genera impactos visibles en el largo plazo, puesto que los estudios técnicos pueden llevar muchos años, siendo consideradas actividades con un alto riesgo económico asociado. Frecuentemente, en esta actividad se destinan inversiones a proyectos que, aún alcanzando etapas avanzadas de desarrollo, no entran en producción por no ser viables, ya sea en términos de rentabilidad, o debido a problemáticas sociales y/o ambientales.

Un ejemplo representativo es el caso de la exploración de litio entre el año 2015 al 2020. El gráfico deja en evidencia como el incremento en el presupuesto destinado a la exploración de este metal en el país coincide con el incremento en los recursos identificados del mismo.

Gráfico 1: Recursos identificados en litio y presupuestos exploratorios en Argentina



Fuente: Dirección de Economía Minera en base USGS y S&P



En este punto, resulta importante realizar un paréntesis para explicar brevemente la diferencia entre un recurso y una reserva. Se denomina recurso a aquel volumen de roca de interés con leyes de minerales ya conocidas. En cambio, una reserva es aquella porción del recurso que además de poseer leyes de minerales de interés, cuenta con estudios económicos y geológicos que aseguran una explotación rentable y convierten esa explotación en un posible negocio.

En el caso del litio, por ejemplo, según USGS³, en el país se encuentran identificados **20 millones de toneladas** de litio metálico, ubicados en la Puna argentina. Sin embargo, de esa totalidad de recursos, tan sólo 2,7 millones de toneladas de litio metálico cuentan con estudios económicos que aseguran su explotación y son consideradas reservas. En el ranking mundial, estos números nos posicionan como **terceros en reservas de litio y segundos en recursos**⁴.

Las actividades de exploración en un proyecto minero se realizan de manera sistemática e incluyen estudios muy variados como los análisis de geología iniciales, los geoquímicos, los geofísicos, las calicatas y trincheras y las perforaciones. En la **exploración inicial** se analiza la información del cuerpo mineralizado que eventualmente se desarrollará como yacimiento. Para el desarrollo de esta fase se ejecutan un conjunto de estudios geológicos, geofísicos y geoquímicos para definir el área de esta mineralización. Es un primer reconocimiento donde se define la presencia de un cuerpo mineralizado con suficiente ley y tamaño para ser explotado. La **exploración avanzada**, en cambio, es una fase de evaluación, donde se efectúa una primera estimación del recurso mineral, determinando el tonelaje y la ley existente en el cuerpo mineralizado. De esta manera se intenta dimensionar el posible yacimiento en forma técnica mediante métodos directos e indirectos.

Infografía 2: Etapas de la exploración

- 1 Exploración inicial** | Análisis del cuerpo mineralizado
- 2 Exploración avanzada** | Estimación del recurso

Fuente: Dirección de Economía Minera

³ USGS Mineral Commodity Summaries 2023

⁴ USGS Mineral Commodity Summaries 2023



Estudios de geología iniciales

Los estudios de geología en general comienzan con la recopilación de información para la confección de un mapa base. Los mapas geológicos son fundamentales para planificar las actividades de exploración. Para elaborarlos se recopila información de diferentes fuentes, como cartas geológicas y topográficas, cartas geofísicas, imágenes satelitales y trabajos previos. Entre las fuentes de información disponibles en el país se incluye el Servicio Geológico-Minero Argentino (SEGEMAR) Y el Instituto Geográfico Nacional (IGN).

Una vez realizado un mapa base a una escala regional, se realiza un reconocimiento en el campo, para así poder encontrar evidencias de mineralizaciones, alteraciones hidrotermales o las diferentes estructuras que condicionan esa mineralización. A medida que se avanza en la exploración, se van confeccionando mapas a una escala de mayor detalle. Los mismos se realizan para el área de la concesión minera del proyecto. En ellos, además de la información geológica ya recopilada, se pueden incorporar anomalías geoquímicas, zonas de alteraciones hidrotermales o mineralizadas, ubicación de muestras de afloramiento y otros datos de interés.

Estudios geoquímicos

Los estudios geoquímicos se encuentran enfocados en la detección de distribuciones anómalas de elementos químicos. Estos estudios permiten cubrir grandes superficies. El objetivo principal consiste en encontrar las perturbaciones existentes de un área, que podrían estar relacionadas a concentraciones de minerales de interés económico de un posible yacimiento. Se basan en la medición de manera sistemática de determinados elementos indicadores⁵ en diferentes materiales como los sedimentos, suelos, aguas y rocas. Los resultados generalmente se representan en mapas de distribución geoquímica.

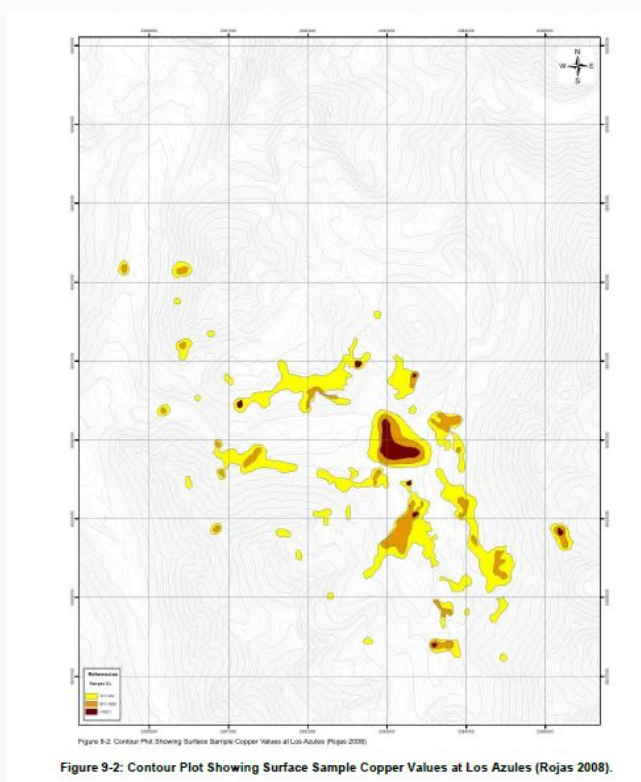
En los yacimientos de tipo hidrotermal el estudio de la geoquímica es fundamental, puesto que los fluidos hidrotermales suelen generar aureolas de metales que pueden ser detectadas mediante este tipo de estudios. Estos halos pueden abarcar grandes dimensiones.

Un ejemplo de ello, es el proyecto de cobre **Los Azules**. Localizado en el departamento de Calingasta, en San Juan, es uno de los proyectos cupríferos más grandes del país. El tipo de depósito se denomina pórfido, un depósito que está vinculado a cuerpos de rocas ígneas. En el caso de los pórfidos, estos cuerpos intrusivos se encuentran relativamente cercanos a la superficie.

En los primeros estadios de la exploración de este proyecto, se recolectaron más de 900 muestras de superficie que fueron analizadas para cobre, molibdeno, oro, plata, plomo, zinc y arsénico. Los resultados se representaron en mapas donde se pueden observar las anomalías de los diferentes metales y así se definieron las zonas de mayor interés. En este caso se puede observar la anomalía de mayores concentraciones de cobre en color rojo.

⁵Se denomina elementos indicadores a aquellos elementos principales del depósito mineral que se espera encontrar. Por ejemplo, en el caso del pórfido cuprífero, un elemento indicador sería el cobre. Sin embargo, también existen elementos rastreadores, que sugieren la presencia de otro elemento indicador asociado.



Imagen 1: Estudio geoquímico en el proyecto Los Azules.

Fuente: NI 43-101 Technical Report-Preliminary Economic Assessment Update for the Los Azules Project, Argentina

Otro ejemplo que puede mencionarse es el proyecto **San Francisco**, localizado en el departamento de Calingasta, provincia de San Juan. Es un depósito de brechas de oro, plata y cobre que actualmente se encuentra en estado de exploración inicial. El mapa geoquímico de suelo se realizó recopilando datos de distintas campañas de exploración. Se puede observar cómo se solapó la información de muestras de suelo y de roca para localizar la anomalía de cobre.



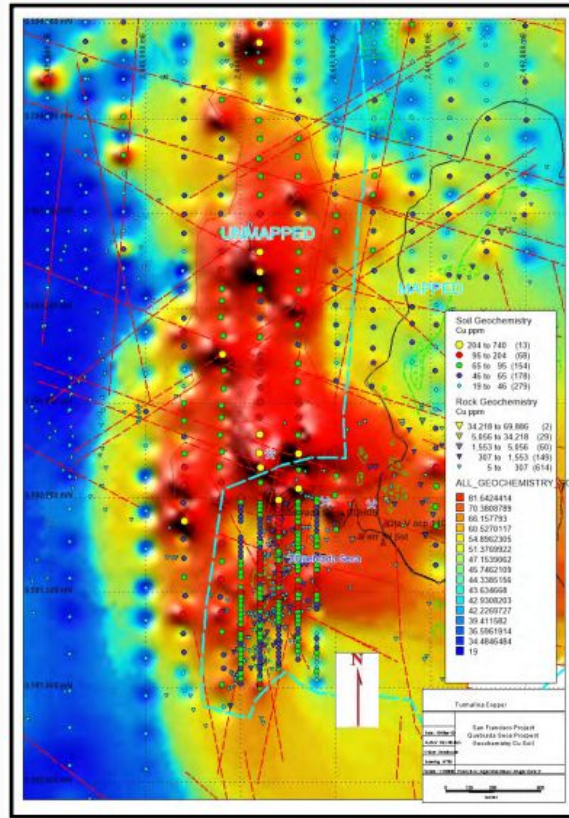
Imágen 2: Estudio geoquímico en el proyecto San Francisco.

Figure 39 Copper in soil anomaly image and point map at Quebrada Seca

Fuente: NI 43-101 Report on the San Francisco Project, San Juan Province, Argentina for Turmalina Copper Corporation

En los salares de la Puna argentina, son numerosos los proyectos de litio que actualmente se encuentran en estado de exploración. En este tipo de yacimientos, los estudios geoquímicos se realizan principalmente en muestras de agua, debido a que en este caso el mineral de interés, se encuentra disuelto en agua subterránea. En general, en los primeros estudios de exploración en los salares, se inicia con el muestreo de agua más superficial. En etapas de exploración más avanzada los estudios geoquímicos se realizan en muestras de aguas subterráneas, en perforaciones que pueden superar los 200 m de profundidad.



Estudios geofísicos

Los estudios geofísicos sirven para detectar anomalías geofísicas producidas por el contraste entre las diferentes respuestas de los minerales y la roca circundante a determinados estímulos. Son métodos indirectos que nos permiten entender que sucede en el subsuelo y en profundidad.

En la Argentina, actualmente, es difícil imaginar la exploración de recursos minerales sin el aporte de los estudios geofísicos. En general, el tipo de yacimiento geológico va a determinar cuál método geofísico es de mayor utilidad. También se acompañan con datos directos de perforaciones para efectuar una buena correlación con los parámetros geofísicos y litologías existentes en profundidad.

Un estudio geofísico muy utilizado en la exploración de pórfidos cupríferos es, por ejemplo, la **magnetometría**. Este método permite detectar las anomalías en el campo magnético terrestre. Las rocas graníticas de los pórfidos cupríferos, son usualmente portadores de minerales como magnetita e ilmenita que poseen susceptibilidad magnética y pueden ser detectados con el magnetómetro. Es un estudio que permite analizar áreas extensas debido a que se pueden utilizar más de un magnetómetro al mismo tiempo.

En la campaña de exploración del proyecto **Los Azules**, por ejemplo, los métodos geofísicos permitieron delimitar en color rosado las anomalías magnéticas vinculadas al yacimiento (Imagen 3). El proyecto se encuentra en el departamento de Calingasta, en la provincia de San Juan.

El método ha dado buenos resultados en yacimientos de oro y plata, como por ejemplo en el proyecto **Taguas**, ubicado en el departamento Iglesia de San Juan. En este caso, como puede observarse en la imagen 4, los estudios de magnetometría aerotransportados han permitido delinear anomalías asociadas a vetas de cuarzo-magnetita vinculadas a la mineralización.

Imágenes 3 y 4: Estudios geofísicos en los proyectos Los Azules y Taguas.

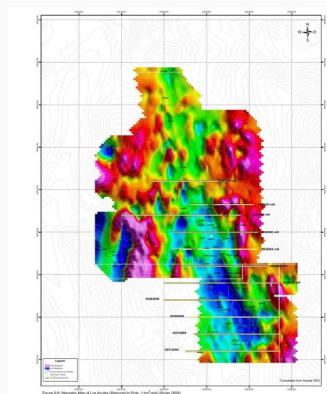


Figure 9-4: Magnetic Map of Los Azules (Reduced to Pole; 1 kilometer square grid) (Rojas 2008).

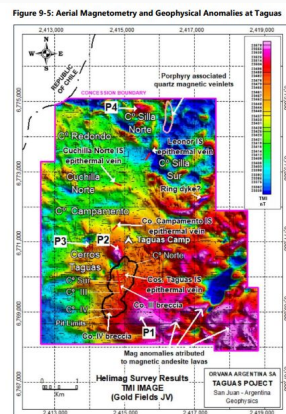


Figure 9-5: Aerial Magnetometry and Geophysical Anomalies at Taguas

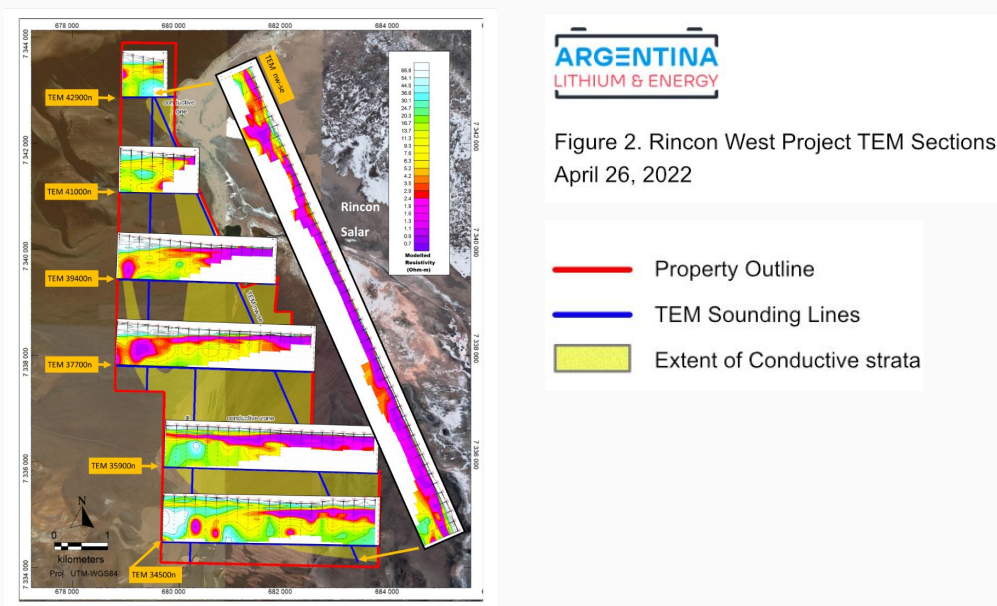
Fuente NI 43-101 Technical Report-Preliminary Economic Assessment Update for the Los Azules Project, Argentina y Independent Technical Report NI 43-101 on the Taguas Project – June 30, 2021



En lo que respecta a la exploración de salmueras de litio⁶, en el norte argentino, por su parte, la geofísica ha tomado un papel relevante. La resistividad eléctrica es un parámetro fundamental para la diferenciación de salmueras en profundidad, las cuales poseen alta conductividad eléctrica, en contraste con las litologías más resistivas circundantes, como rocas sedimentarias. Entre los métodos geofísicos utilizados en la exploración de salmueras se incluyen el método de Transiente Electromagnético (TEM), los sondeos eléctricos verticales (SEV) y el método magnetotelúrico (MT).

En el primero, el **método TEM**, se utiliza la información de resistividad eléctrica para detectar estratos de sedimentos con mayor conductividad. Estos sedimentos pueden estar asociados con salmueras que se encuentran a gran profundidad. Este método ha sido de utilidad en el proyecto **Rincón Oeste**, localizado en el departamento Los Andes, provincia de Salta. En este caso los estudios sugirieron que los estratos subterráneos con mayor conductividad, que se observan en la imagen 5 en color magenta, se extienden hacia el sur y hacia el oeste del salar.

Imágen 5: Estudio geofísico según el método TEM en el proyecto Rincón Oeste.



Fuente: <https://argentalithium.com/site/assets/files/6268/2022-05-02-nr-lit-napd097fs.pdf>

⁶Exploración y explotación de salmueras enriquecidas en litio y potasio en Salares de la Puna Argentina. García, R., Rocha Fasola, V., Moya Ruiz, F., & Tálamo, E. (2013). VIII Congreso Argentino de Hidrogeología y VI Seminario Latinoamericano sobre Temas Actuales de la Hidrología Subterránea.

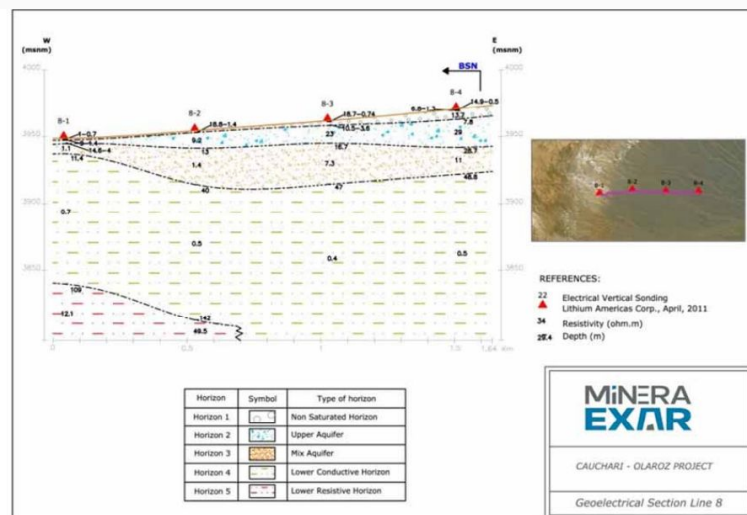


Por otro lado, los **sondeos eléctricos verticales (SEV)**, son utilizados en hidrogeología para la prospección de agua subterránea. El procedimiento consiste en inyectar corriente al subsuelo mediante electrodos, para calcular la resistividad aparente de las diferentes litologías. En general, cuando los sedimentos en profundidad son homogéneos la resistividad prácticamente no varía. En cambio, cuando la litología presenta cambios abruptos, se observan variaciones en los valores de resistividad. Las zonas arcillosas y los acuíferos con alto contenido salino suelen presentarse como anomalías de baja resistividad.

Los SEV han sido de mucha utilidad en la exploración de depósitos salares en la Puna Argentina. El proyecto **Cauchari Olaroz**, en la provincia de Jujuy, es evidencia de ello.

Si bien en el sitio, se han realizado campañas geofísicas que incluyen otros métodos geofísicos, en particular los SEV han sido de utilidad para diferenciar en el abanico aluvial Archibarca cinco horizontes. Entre ellos, como puede observarse en la imagen 8, se destaca un acuífero de agua dulce (punteado celeste) y una capa con alta conductividad a mayor profundidad correspondiente a la salmuera (rayas verdes).

Imágen 6: Estudio geofísico utilizando SEV en el proyecto Cauchari Olaroz.



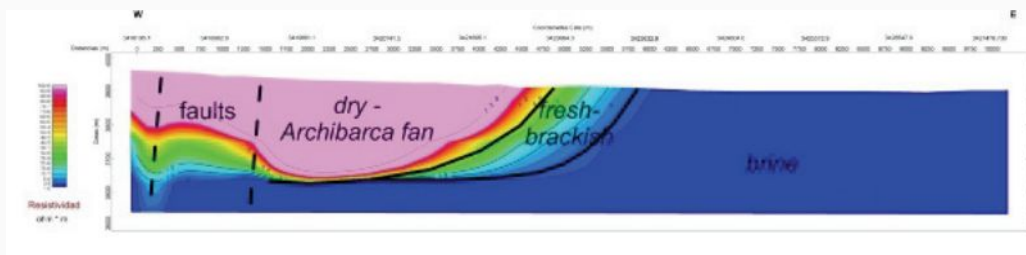
Fuente: NI 43 - 101 TECHNICAL REPORT Updated Feasibility Study and Mineral Reserve Estimation to Support 40,000 tpa Lithium Carbonate Production at the Cauchari-Olaroz Salars, Jujuy Province, Argentina. Lithium Americas.



Finalmente, el último de los métodos mencionados, el **método MT**, permite recolectar y procesar las fluctuaciones del campo electromagnético natural de la Tierra, para así poder obtener las resistividades de las diferentes litologías en profundidad y generar un modelo de resistividades del subsuelo. Este método en la actualidad ha tomado relevancia por su capacidad de proporcionar información del subsuelo a altas profundidades. Se puede aplicar tanto en exploración de recursos minerales, como de hidrocarburos, así como también en la búsqueda de acuíferos profundos presentes en los sistemas geotérmicos.

Puede mencionarse, a modo de ejemplo, el caso del proyecto **Olaroz**. Se trata de uno de los dos proyectos de litio en producción en el país y actualmente en expansión, situado en la provincia de Jujuy, al noroeste de la ciudad de Jujuy. Como puede observarse en la imagen 7, en el perfil N-S se observa como el método geofísico permitió delimitar la salmuera (color azul) del abanico aluvial seco (color rosa).

Imagen 7: Estudio geofísico con el método MT en el proyecto Olaroz.



Fuente: TECHNICAL REPORT ON THE OLAROSZ PROJECT JUJUY PROVINCE, ARGENTINA NI 43-101 REPORT PREPARED FOR OROCOBRE LTD.



Calicatas y trincheras

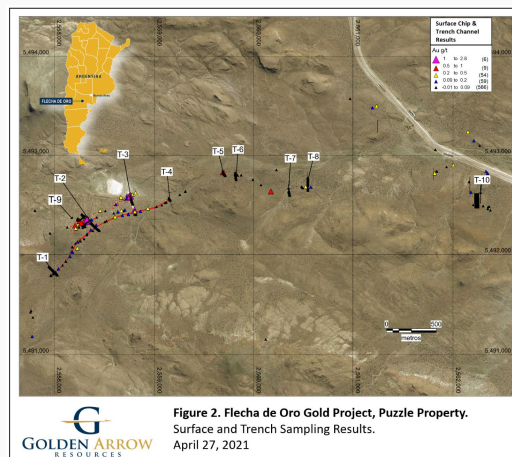
En zonas dónde no se cuenta con una significativa cantidad de afloramientos de rocas, se utilizan métodos de exploración directos que permiten al geólogo tomar contacto con la mineralización, tomar muestras para enviar al laboratorio y así obtener datos de concentraciones de metales de interés.

En depósitos con cierta horizontalidad como por ejemplo los de tipo mantiforme, suelen realizarse excavaciones verticales poco profundas que permiten muestrear diferentes zonas de la mineralización. Este tipo de excavaciones verticales se denominan calicatas, y permiten observar e inspeccionar la mineralización más superficial.

Las trincheras, por otro lado, también son excavaciones poco profundas, pero de tipo rectangular, que se realizan interceptando de manera perpendicular a la mineralización. Este tipo de excavación se realiza generalmente cuando la mineralización tiene una estructura definida, como vetas de depósitos epitermales.

En abril de 2021 por ejemplo, se informaron los resultados del programa de excavación de trincheras del proyecto **Flecha de Oro**, localizado en la provincia de Rio Negro. El depósito, posee indicios de mineralización de oro epitermal de alta sulfuración. Las trincheras se realizaron en el sistema de vetas de cuarzo con el objetivo de obtener la concentración de oro de las muestras. En la imagen se puede observar la localización de las diez trincheras realizadas y la concentración en g/t de oro de las mismas.

Imágen 8: Resultados obtenidos a partir de trincheras en el proyecto Flecha de Oro.



Fuente: NEWS RELEASE – April 29th, 2021 Golden Arrow Provides Exploration Update and Reports
Trench Results from Flecha de Oro Project, Argentina <https://goldenarrowresources.com/>



Perforaciones

La perforación puede ser considerada como el método más importante de exploración. **Gran parte de la inversión en exploración en 2020 se ha destinado a esta actividad.** Mediante una perforación se toman muestras que brindan información directa del subsuelo. De esta manera se pueden estimar datos de interés, como por ejemplo la litología, los espesores de las formaciones y la disposición de las mismas. Una vez que se unifica toda la información, se puede realizar un modelo tridimensional donde se cuantifican los recursos y se observa su distribución en el subsuelo. Es de esperar entonces, que, a su vez, sean las técnicas más costosas y que su ejecución deba ser cuidadosamente planificada en un plan de perforación.

Si bien son numerosas las metodologías de perforación, en este informe se abordarán las siguientes: perforaciones de circulación reversa (RC) con recuperación de detrito o “*cutting*”, y perforaciones rotativas con una corona de diamantina (DDH) con recuperación de testigo o “*core*”. La utilidad de cada tipo de perforación varía de acuerdo al momento de la exploración que se encuentre el proyecto y al tipo de calidad de muestra que se quiera obtener.

Según información brindada por el sector privado, Argentina cuenta actualmente con una flota de 160 equipos de perforación, la cual tiene una ocupación del 61%. Las empresas que cuentan con equipos son: Major Argentina, Ecominera, Foraco Argentina, OroPlata S.A., Fundaciones Especiales, AGV Falcon Drilling, Pilotes Trevi, Perforaciones Iglesias, Perforaciones Santacruceñas, Cerro Vanguardia, Hidrotec, Derberg, Cono Sur, Patagonia Drilling, Casposo/Simcya, Estelar Resources, HG Perforaciones, Anddes Argentina, Andalgalá, Nivel Construcciones y el organismo estatal de investigaciones nucleares CNEA. Al comparar estos datos con los del resto de los países de América Latina, según las mismas fuentes, en la región el porcentaje de utilización de equipos es de 53% sobre una flota de aproximada de 1.900 equipos de exploración.

Perforaciones de circulación reversa

En este tipo de sistema se trabaja por circulación reversa para la recuperación del material del subsuelo. En este caso, la inyección desciende por una zona más superficial de las barras, para ascender luego por el interior de la tubería, evitando la contaminación de la muestra. Se trata de un sistema de menor costo que otros sistemas, por esta razón es que se usa en estadios de exploración donde la inversión es menor.

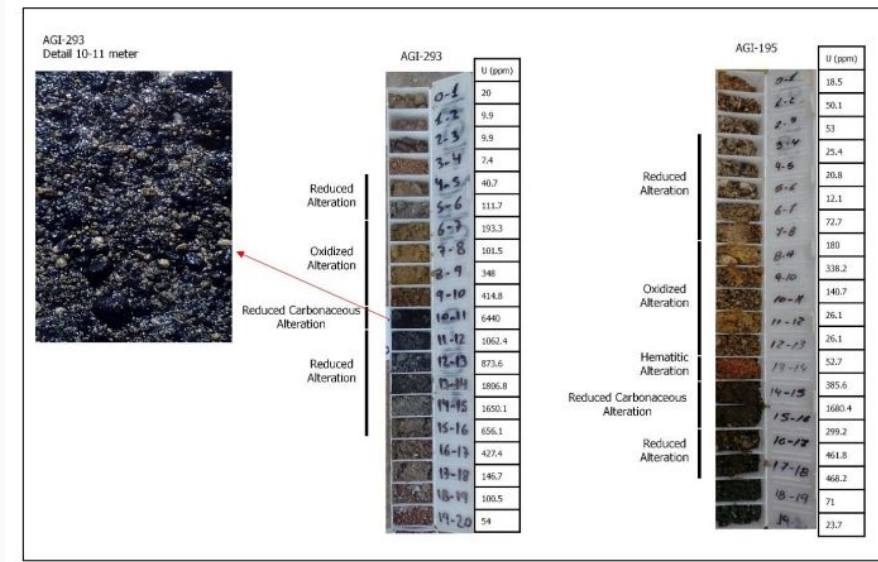
En cuanto a la trituración, existen una gran cantidad de herramientas de trituración que están en contacto con la roca en profundidad y la perforan. El tricono, por ejemplo, consiste en un dispositivo conformado por tres conos muy duros que rotan y a la vez Trituran. La roca triturada circula por el interior del tubo para ascender a superficie.

Se denomina detrito o “*cutting*” a la roca molida, en forma de polvo o fragmentos que se va extrayendo del subsuelo mediante perforaciones. El análisis geológico que se puede realizar en este tipo de muestra es más limitado, se pueden realizar estudios geoquímicos para saber la concentración de los metales de interés.

En el proyecto de uranio **Amarillo Grande**, específicamente en el depósito Ivana, ubicado en el departamento Valcheta en la provincia de Río Negro, el análisis de *cutting* recuperado por perforaciones, ha permitido diferenciar, como puede observarse en la Imagen 9, un material más oscuro con altas concentraciones de uranio a 10 metros de profundidad.



Imágen 9: Visualización de cutting correspondiente al proyecto Amarillo Grande.



Fuente: NI 43-101 Technical Report Preliminary Economic Assessment for the Ivana Uranium-Vanadium Deposit, Amarillo Grande Project. Rio Negro Province, Argentina.

Una vez que la roca triturada que antes se encontraba en profundidad, asciende a superficie, es necesario hacer un correcto muestreo de ese tramo perforado a medida que se va avanzando en la perforación. Si el tramo perforado es por ejemplo de un metro, la muestra debe ser representativa de todo ese tramo. Por esta razón en superficie un ciclón se encarga de separar la muestra de la inyección y también se utiliza un cuarteador que reduce el tamaño de la muestra.

La cantidad de metros perforados con el método de aire reverso en 2020⁷ para Argentina fue de 43.762,2 sobre un total de 280.464,9 perforados para la exploración minera.

⁷Dato obtenido a partir de Registro de Inversiones mineras.

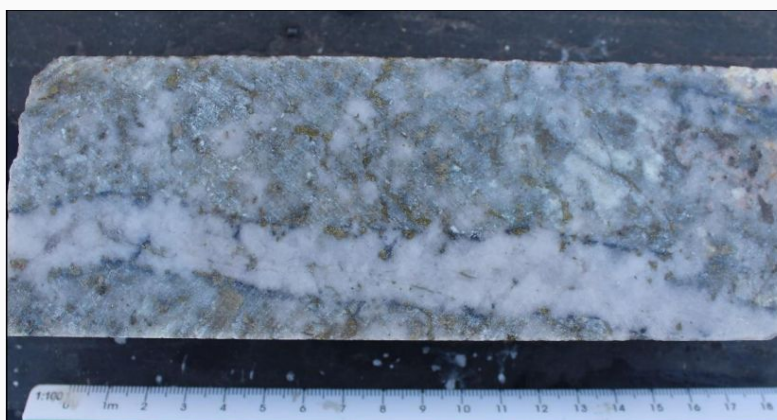


Perforaciones de diamantina

Este tipo de perforaciones se realizan en estadios de exploración más avanzada, ya que brindan información mucho más detallada de la mineralogía, la geología, la geoquímica, la presencia de estructuras y de distintos parámetros geotécnicos. Se trata de una actividad fundamental para evaluar el yacimiento y elaborar el informe de factibilidad del mismo, dado que proporciona información muy valiosa para establecer la ley del depósito y cuantificar las reservas. Con este tipo de perforaciones se obtiene el testigo o “core”, que es una muestra cilíndrica y continua de roca intacta. De este tipo de muestras se puede obtener datos mucho más representativos, tanto de análisis químicos, como mineralógicos a través del microscopio y de parámetros geotécnicos con diferentes ensayos.

Como ejemplo se puede observar las imágenes de los testigos del proyecto **Taca Taca** publicadas en el informe técnico de marzo de 2021. Dicho proyecto es un pórfido de cobre-oro-molibdeno que posee recursos de 9,6 millones de toneladas de cobre⁸. Se encuentra ubicado en la provincia de Salta, a 230 km al oeste de la ciudad capital.

Imagen 10: Testigo corona obtenido en perforación de diamantina. Proyecto Taca Taca.



Fuente: Amended and restated NI 43-101 Technical Report Taca Taca Project.

⁸ <https://www.first-quantum.com/>

La herramienta de corte de la máquina perforadora en las perforaciones de diamantina es una corona diamantada, con diamantes naturales o sintéticos, impregnados en un metal muy duro. La corona gira y pulveriza la roca. A medida que avanza la perforación, en el interior se va recuperando una muestra de roca cilíndrica denominada testigo. En el mercado existen una gran variedad de coronas. Las mismas son de alto costo por llevar diamantes. Además, por el desgaste que sufren deben ser cambiadas frecuentemente.

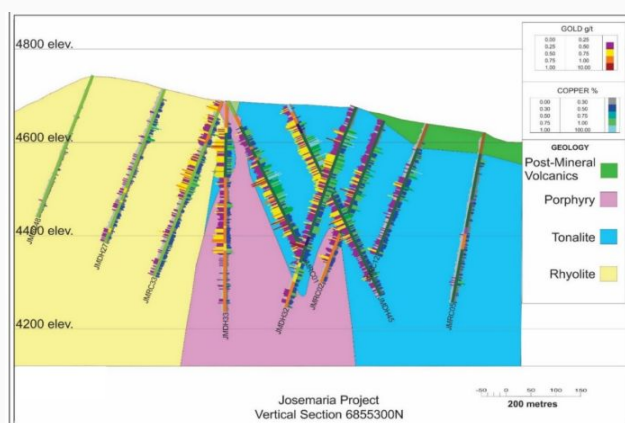
La cantidad de metros perforados con diamantina en 2020⁹ fue de 223.812,85 lo que equivale al 79,8% del total de metros perforados para la exploración minera. Esto muestra la importancia de este método en la actividad en su conjunto.

Un ejemplo de la magnitud de inversión que implica una campaña de perforaciones es el proyecto Josemaría, ubicado en la provincia de San Juan. Este es un proyecto minero de gran escala, un enorme pórfido de cobre y oro ubicado sobre la Cordillera Frontal a más de cuatro mil metros de altura.

En el yacimiento **Josemaría** se han realizado doce campañas de perforación desde su descubrimiento en el 2003. En total, se perforaron aproximadamente 96.800 m en 228 pozos de perforación, de los cuales 48 pozos son perforaciones de circulación inversa (RC) y 180 pozos son perforaciones de diamantina (DDH)¹⁰.

En una sección vertical, que se muestra en la Imagen 11, puede observarse cómo las distintas perforaciones atraviesan el pórfido en profundidad (color rosa) y las variaciones de las concentraciones de oro y de cobre de acuerdo a la litología que atraviesa la perforación.

Imagen 11: Sección vertical utilizando datos de perforación en el proyecto Josemaría



Fuente: NI 43-101 Technical Report, Feasibility Study for the Josemaria Copper-Gold Project, San Juan Province, Argentina

⁹ Dato obtenido a partir de Registro de Inversiones mineras

¹⁰ <https://lundinmining.com/operations/josemaria-project/>



En lo que respecta a los costos de perforación, debe tenerse en cuenta que en la determinación del costo lineal (US\$/m) intervienen costos directos como son: la sección a perforar, el diámetro del pozo y el equipo utilizado. A este valor se le suman costos asociados como por ejemplo, la movilización y desmovilización de equipos y personal, entre otros.

Según distintas fuentes externas, consultadas desde esta Dirección, el metro lineal para una perforación diamantina ronda los US\$ 500 promedio como base. Esto sumado a los costos adicionales, llevan a la perforación diamantina a valores finales que parten de los US\$ 1.000 el metro perforado, en sitios con acceso y logística dificultosos.

Las perforaciones con equipos de circulación reversa son más económicas, tienen una logística operativa más sencilla debido a que, por ejemplo, no utilizan fluidos de perforación para la refrigeración de la herramienta de corte. Por otro lado, se trata de una operación más rápida, y esto también se refleja en el menor costo final. En términos generales, el costo de una perforación de este tipo puede representar hasta un 70% respecto al de diamantina.

Imagen 12: Perforación de Diamantina



Fuente: Imagen de dominio público



IV. Inversión en exploración en Argentina

Las inversiones en exploración son fundamentales a la hora de evaluar la viabilidad económica de una extracción mineral y con esto incentivar el desarrollo de nuevos proyectos. Asimismo, para las operaciones que están produciendo en la actualidad, la exploración en zonas aledañas también representa un recurso vital para la extensión de la vida útil de las mismas. Es por esto que tanto las empresas que actualmente se encuentran en producción, como otras con intenciones de explotar recursos en el futuro, asignan partidas a la exploración e identificación de recursos en sus propiedades dentro de sus respectivos presupuestos anuales.

Estructura financiera de la exploración

Para las empresas mineras, la exploración constituye un costo hundido significativo. Esto se debe principalmente al riesgo implícito que conlleva esta etapa inicial de un proyecto minero. Antes de explorar un territorio determinado no se puede conocer con exactitud cuál es la ley mineral promedio o la extensión, distribución y forma del depósito mineral, aspectos que son determinantes en la viabilidad económica de un proyecto.

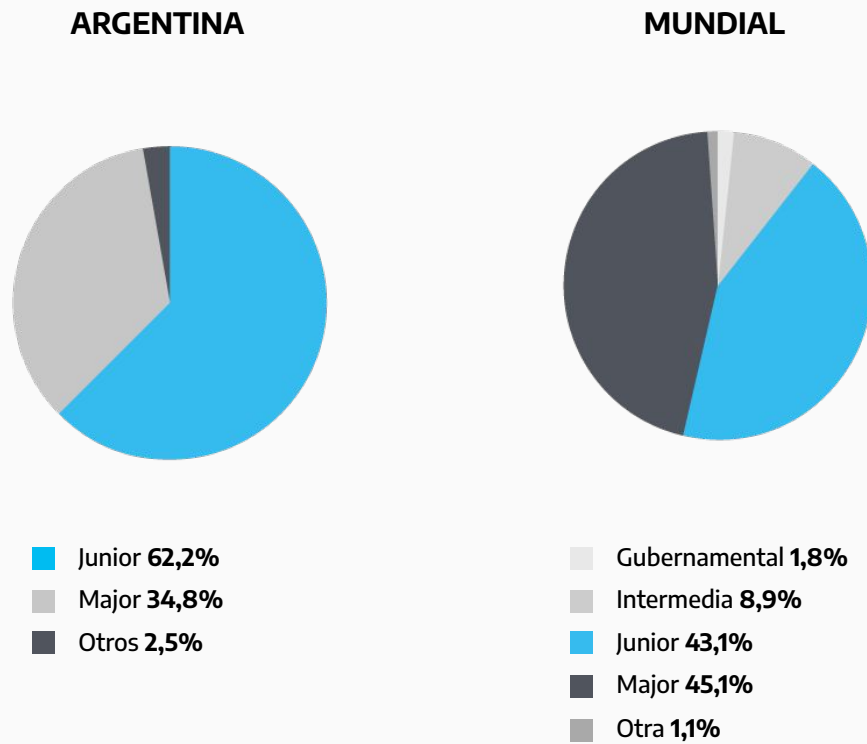
Este riesgo lleva a que un proyecto en exploración tenga dos variantes de financiamiento: las firmas asumen la erogación de capital sin posibilidad de tomar deuda dado el alto riesgo que implica (con la posibilidad de obtener, siempre y cuando los resultados de la campaña exploratoria fueran positivos, un proyecto rentable) o bien, compran proyectos que cuentan con la etapa de exploración ya realizada, a empresas dedicadas sólo a esta actividad o asociándose con éstas, haciéndolas partícipes en la etapa de producción. Esto representa una oportunidad para las empresas argentinas dedicadas a este rubro, dado que la necesidad de capital es menor en las etapas iniciales del proyecto minero comparado con los montos requeridos para operativizarlo. De esta manera, existe la posibilidad de prestar servicios a grandes firmas internacionales cuyo interés es desarrollar actividad en el país sin asumir el riesgo inicial de la exploración.

En lo que respecta al tipo de estructura de las empresas, la existencia del riesgo mencionado anteriormente posibilita que las actividades de exploración tengan una gran participación de empresas *juniors*¹¹. En 2022, el 62,6% del total de lo presupuestado fue abordado por empresas de este tamaño. Dentro de sus características, puede destacarse una mayor flexibilidad en la toma de decisiones por su propia estructura, lo cual les permite afrontar los inconvenientes que supone esta etapa. De esta manera, los acuerdos conjuntos¹² entre empresas juniors y majors forman parte de la estructura financiera de las grandes empresas. En los mismos, empresas juniors exploran y venden sus proyectos a majors, ya sea a través de la adquisición de la totalidad de los mismos o a través de un porcentaje de participación en la explotación.

¹¹ Empresas de menor capital y estructura en comparación con las grandes que explotan los yacimientos. Generalmente asociadas a la exploración y/o a la explotación de minerales no metalíferos

¹² "Joint ventures"



Gráficos 2 y 3: Cantidad presupuestada por tipo de empresa de exploración en Argentina y en el mundo. 2022

Fuente: Dirección de Economía Minera en base a S&P capital

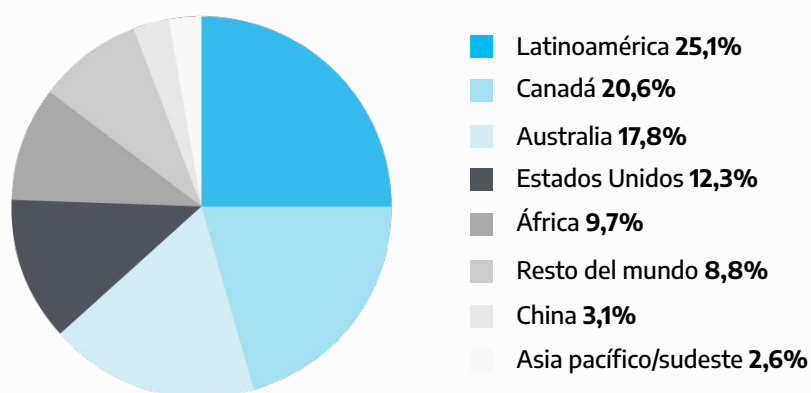
Esto es coincidente con la tendencia global, en la cual las juniors poseen un rol fundamental en la exploración, tanto en países desarrollados como en vías de desarrollo. De esta forma, de los 13.006,70 millones de dólares presupuestados para exploración por las principales empresas mineras a nivel global, el 43,1% (5.606,5 millones) corresponde a empresas junior. Las majors en este sentido abarcan el 45,1% de la exploración, completando el total empresas intermedias y gubernamentales.



Contexto regional

Antes de entrar en el caso particular de Argentina, es importante considerar el contexto regional de la exploración. En este sentido, Latinoamérica es una de las principales regiones mineras del mundo, que puede compararse con otros países mineros como Canadá, Australia y Estados Unidos. En el caso de Latinoamérica, las ventajas competitivas tales como los recursos geológicos y la mano de obra formada en países con historia minera como son principalmente Chile y Perú o México, sumado a leyes de inversión minera favorables, hacen que en esta región, se sostenga la inversión en exploración y las expectativas de crecimiento.

Gráfico 4: Presupuesto exploratorio mundial por región. Año 2022

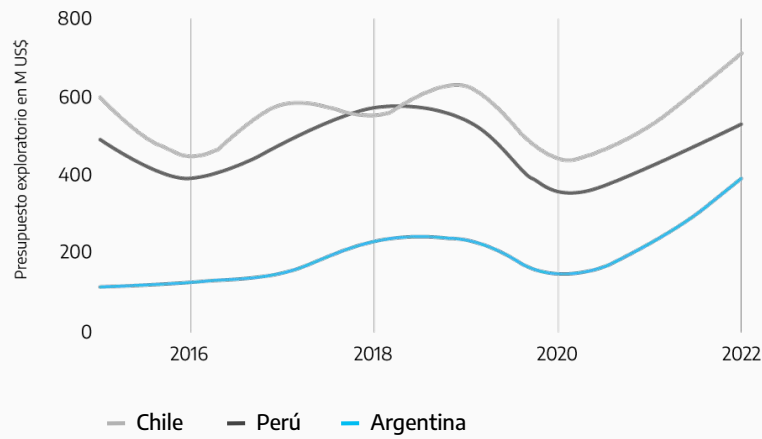


Fuente: Dirección de Economía Minera en base a S&P capital

En lo que respecta al ranking de presupuestos asignados a exploración en los principales países de Latinoamérica, Argentina aún se encuentra por debajo de Chile y Perú, principales países mineros de la región. Sin embargo, los presupuestos exploratorios en Argentina, ante un contexto de apoyo institucional y fomento a las inversiones mineras, entre 2015 y 2021 crecieron un 94,87% en total mientras que, tanto en Perú como en Chile decrecieron (-11,35% y -14,52%, respectivamente).



Gráfico 5: Presupuestos de exploración 2015/2022. Chile, Argentina y Perú



Fuente: Dirección de Economía Minera en base a S&P capital

Como consecuencia de este crecimiento destacado en los últimos años, Argentina ascendió al tercer puesto en términos de presupuestos exploratorios, por detrás de Chile y Perú. Al país le siguen Brasil y Ecuador con 339,9 y 280,3 millones de dólares respectivamente, y por último se encuentran Colombia (131,6 M US\$) y Bolivia (42 M US\$).

Gráfico 6: Presupuestos de exploración en Latinoamérica - Principales países. Año 2022



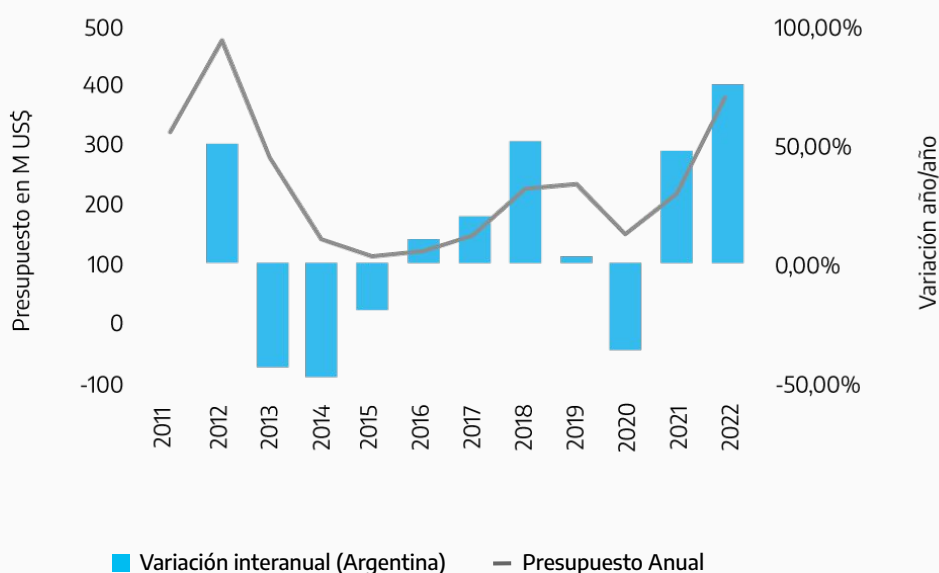
Fuente: Dirección de Economía Minera en base a S&P capital



Presupuestos exploratorios en Argentina

En cuanto a las inversiones en exploración de minerales en Argentina, es posible analizar la evolución de los presupuestos asignados por las compañías durante el periodo 2011-2021. Según el gráfico 7, se puede observar un pico en el año 2012, donde los presupuestos asignados a exploración por las principales firmas ascendieron a US\$ 478,4 millones. En los años siguientes, los valores registrados fueron notablemente más bajos, aunque se registraron recuperaciones en 2018, 2019 y 2021, con montos de US\$ 227 millones, US\$ 233,1 millones y US\$ 220,2 millones respectivamente. Es importante mencionar que en el año 2020 se observó una marcada caída, coincidente con la pandemia de Covid-19, la cual también tuvo un impacto en la producción.

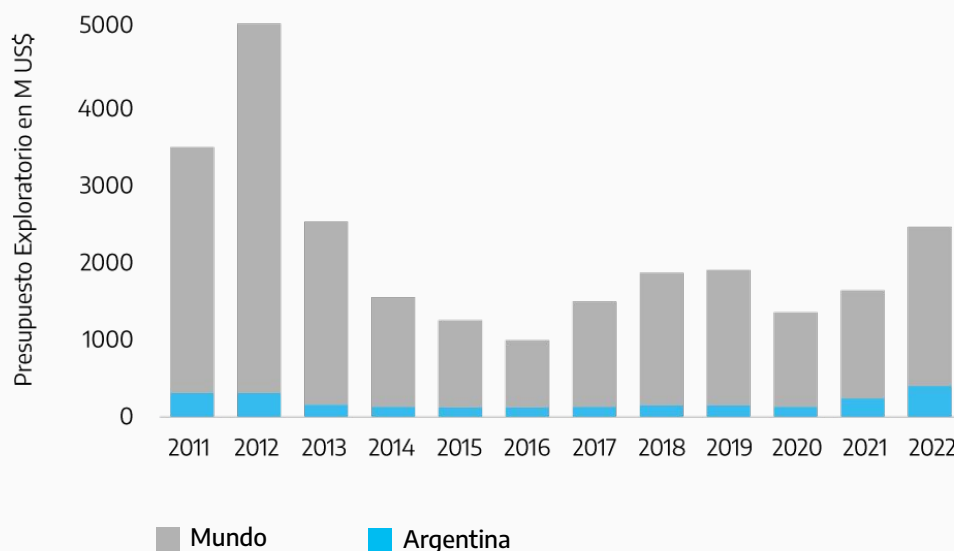
Gráfico 7: Presupuestos exploratorios en Argentina - Periodo 2011-2022. En millones de US\$



Fuente: Dirección de Economía Minera en base a S&P capital

Asimismo, una comparación interesante a considerar, es la relación que surge de los montos presupuestados por las firmas de exploración en Argentina respecto al monto total asignados por las mismas a nivel mundial en este rubro. Puede observarse, para el mismo período, una relación de ubicada entre el 10 y 16%, con un máximo registrado en 2022 (19,08%). El aumento de este indicador puede considerarse como una suba en la importancia relativa del país en la cartera de inversiones de estas empresas.



Gráfico 8: Presupuestos exploratorios. Relación Argentina / Mundo. En millones de US\$

Fuente: Dirección de Economía Minera en base a S&P capital

Sin embargo, como se mencionó previamente, la exploración en Argentina es principalmente realizada por empresas juniors, lo cual es una de las razones por las cuales los presupuestos asignados no reflejan de manera precisa la inversión efectiva total en exploración en el país. Otra explicación radica en que los presupuestos de las empresas pueden ser sujetos a reasignaciones hacia proyectos de la misma compañía en otros lugares del mundo. Estas reasignaciones pueden estar motivadas por adquisiciones de nuevos activos, fusiones empresariales y otras circunstancias similares.

En 2020, el total relevado por el Registro de la Ley de Inversiones Mineras fue de US\$ 219,04 millones, lo cual equivale a un 47% más en comparación a lo registrado en los presupuestos. Si consideramos que este porcentaje se mantiene constante para los registros anteriores y futuros, los presupuestos asignados para la exploración podrían actualizarse a cifras más elevadas. No obstante, es importante tener en cuenta que estos valores aún podrían estar por debajo del monto real invertido en actividades exploratorias, ya que los registros se basan únicamente en las empresas debidamente registradas en el Registro de Inversiones Mineras.

Para el caso de 2021, según datos preliminares de la Dirección de Economía Minera a partir del Registro de Inversiones Mineras, la inversión total fue de aproximadamente 362 millones de dólares. Este aumento respecto de 2020 es coincidente con la tendencia exhibida por los presupuestos exploratorios. En este sentido, considerando los presupuestos de exploración de las grandes firmas relevados por S&P Capital, para 2021, los valores equivalen a un 64% de incremento respecto a lo presupuestado.



Estructura normativa de la exploración

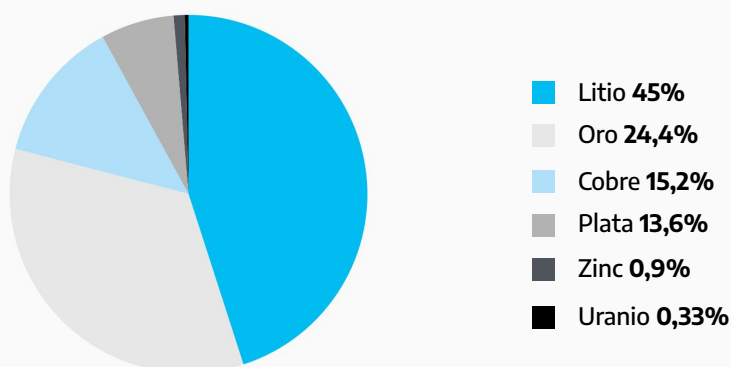
En primer lugar, es importante mencionar que constitucionalmente en el país los recursos mineros pertenecen a las provincias. Esto significa que son las responsables de emitir los permisos para las actividades de exploración o la explotación de determinados minerales, así como de llevar a cabo el control de las mismas.

Por otro lado, el riesgo de esta etapa para la estructura financiera de un proyecto se encuentra contemplado a nivel legislativo en Argentina. Desde la sanción de la Ley de Inversiones Mineras, en adición a los beneficios de la misma, se contempla la devolución del 100% del impuesto a las ganancias en actividades que comprendan desde la investigación a la factibilidad económica. A su vez, las actividades de exploración cuentan con la devolución del I.V.A y la exención de gravámenes aplicables a la importación. Además, una de las características distintivas de esta norma, es que prevé estabilidad fiscal a 30 años para las empresas inscriptas. En términos provinciales, si bien los proyectos no pagan regalías ni fondos fiduciarios en esta etapa, sí están sujetos a los demás tributos a nivel subnacional (ingresos brutos, canon minero, impuesto al automotor y sellos, por ejemplo).

Distribución por commodity: el caso del litio

El destino de las inversiones en exploración es un parámetro crucial para evaluar el futuro de la industria minera en un país, ya que proporciona información sobre su posición relativa en la región y permite vislumbrar la posible composición futura de la cartera de proyectos. Esta asignación refleja además, la confianza de las empresas mineras en el potencial geológico y las condiciones favorables para la actividad minera en el país.

Gráfico 9: Inversión efectiva en exploración por commodity. Año 2020



Fuente: Dirección de Economía Minera a partir de datos Registro de Inversiones Mineras

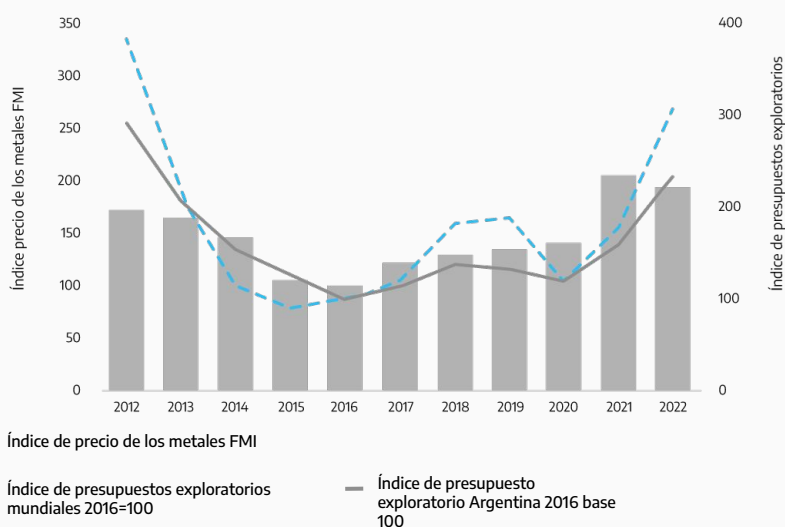


Dentro de la inversión efectiva en Argentina, en el año 2020 se destaca la notable preponderancia del litio, que representa el 45% del total con una inversión de US\$ 98,63 millones. Le sigue el oro con US\$ 74,51 millones y en tercer lugar, el cobre, con US\$ 28,4 millones. Esta distribución refleja una relación entre la disponibilidad de los recursos y el precio de los commodities, que está sujeto a las variaciones de la demanda internacional.

La posición predominante alcanzada por el litio en la exploración minera se puede atribuir a su creciente valorización, así como a las proyecciones que indican una demanda en constante aumento y una oferta que no sería capaz de satisfacerla. Además, la consolidación del llamado "triángulo del litio" conformado por Chile, Bolivia y Argentina como la región que posee la mayor cantidad del recurso a nivel mundial, ha contribuido a su importancia estratégica en el ámbito de la exploración minera.

Asimismo, aunque actualmente Argentina no produce cobre, existen importantes proyectos próximos a entrar en operación. En cuanto a la inversión en exploración, el cobre ocupa el tercer lugar en términos de montos asignados, lo que sugiere un escenario de crecimiento similar al del litio. Ambos impulsados por la demanda de las nuevas tecnologías necesarias en la transición energética. De esta manera, los precios internacionales de los minerales representan un claro incentivo para la inversión en exploración. Un ejemplo de esta relación se puede observar al analizar los presupuestos exploratorios tanto a nivel mundial como en Argentina, los cuales siguen la tendencia marcada por los precios de los metales a nivel global. Esto indica que los precios actúan como un factor determinante en las decisiones de inversión en exploración, ya que un aumento en los mismos incentiva a las compañías a destinar mayores recursos a la búsqueda de nuevos depósitos.

Gráfico 10: Variación del índice de precio de los metales (FMI)¹³ y de los presupuestos exploratorios en Argentina y globales. 2016=100



Fuente: Dirección de Economía Minera en base a S&P capital

¹³ El índice de precio de los metales excluye en su elaboración el precio del litio

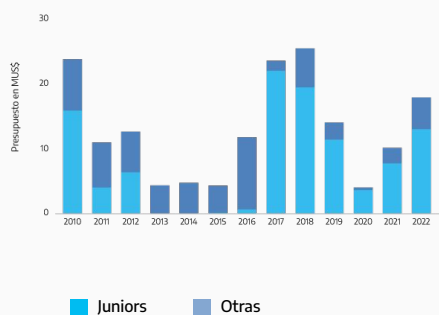


Para el caso de 2021, según datos preliminares del Registro de Inversiones Mineras, este gran potencial del cobre en el país también comienza a tomar fuerza, ubicándose como tercer commodity en exploración con US\$ 105,5 millones de dólares invertidos. En primer lugar este año se ubicó oro, con US\$ 130,4 millones y, en segundo, el litio (US\$ 119,2 millones).

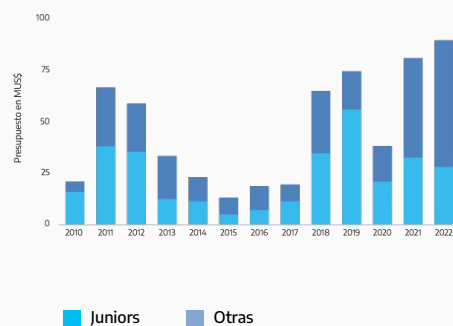
En el caso del litio, el aumento en los presupuestos exploratorios en todo el mundo es coincidente con el gran crecimiento registrado en el precio de este elemento en los últimos años. A su vez, el litio constituye un caso particular en la presencia de juniors en exploración. Hacia 2021, según datos de *SNL capital*, puede observarse una gran relevancia de las pequeñas empresas en las primeras etapas de exploración. En dicho año, en etapas iniciales (*grassroots*) el porcentaje de juniors en el total de lo presupuestado para latinoamérica fue de 74%, mientras que en etapas tardías fue de 31% (aún mayor que en otros metales). Esto puede ser explicado por el auge relativamente reciente del litio y las expectativas de un aumento sostenido en los precios por encima de los costos de producción a largo plazo¹⁴. Esto brinda una ventana de oportunidad a las empresas juniors para llevar a cabo operaciones de exploración y, al mismo tiempo, establecer asociaciones con empresas más grandes (major) en etapas posteriores del desarrollo de los proyectos.

Gráfico 11 y 12: Importancia de empresas juniors en los presupuestos exploratorios de litio según estado del proyecto en latinoamérica

Grassroots



Estados tardíos



Fuente: Dirección de Economía Minera en base a S&P capital

¹⁴ Entre 2015 y 2022 (Enero -15 a Diciembre -22) según estimaciones de S&P Global Market Intelligence los costos promedio de la producción de carbonato en el país crecieron 8,20% y el precio del litio entre estos años, según Fastmarket, creció 1.038,45%.

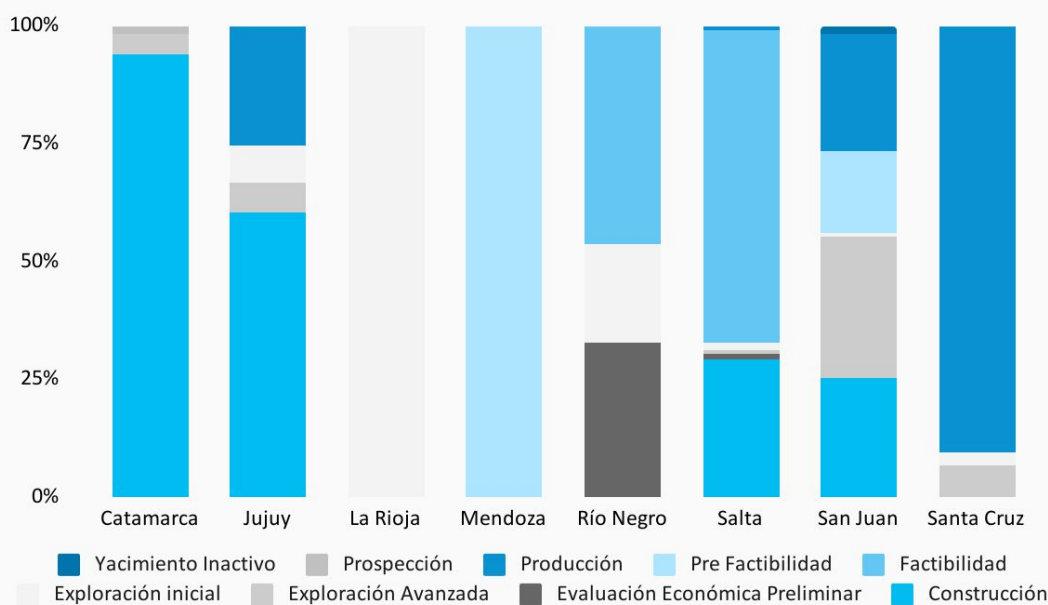


Distribución geográfica de los proyectos en exploración

El análisis anterior tiene un impacto en la distribución geográfica de las inversiones en Argentina. Es notable que las tres provincias que comparten la Puna, región con presencia de salmueras ricas en litio, explican un 48,88% de las inversiones totales para 2020. En segundo lugar se encuentra la provincia de San Juan, con el 25,57% de las inversiones, seguida por Santa Cruz con el 24,37%.

Esto cobra importancia al considerar la composición de las inversiones por proyectos en cada provincia. Como puede observarse, las provincias pertenecientes al triángulo del litio registran las inversiones en exploración en proyectos en etapas anteriores a la producción. Del mismo modo, San Juan posee una gran parte de la inversión en las etapas previas, con montos significativos en proyectos en producción que buscan extender la vida útil de los mismos. En contraste, en Santa Cruz la gran mayoría de las inversiones en exploración fueron en proyectos que ya se encuentran en producción, específicamente en los últimos años de su vida útil.

Gráfico 13: Composición porcentual de las inversiones en exploración por provincia. Metalíferos y litio. Año 2020



Fuente: Dirección de Economía Minera a partir de datos Registro de Inversiones Mineras

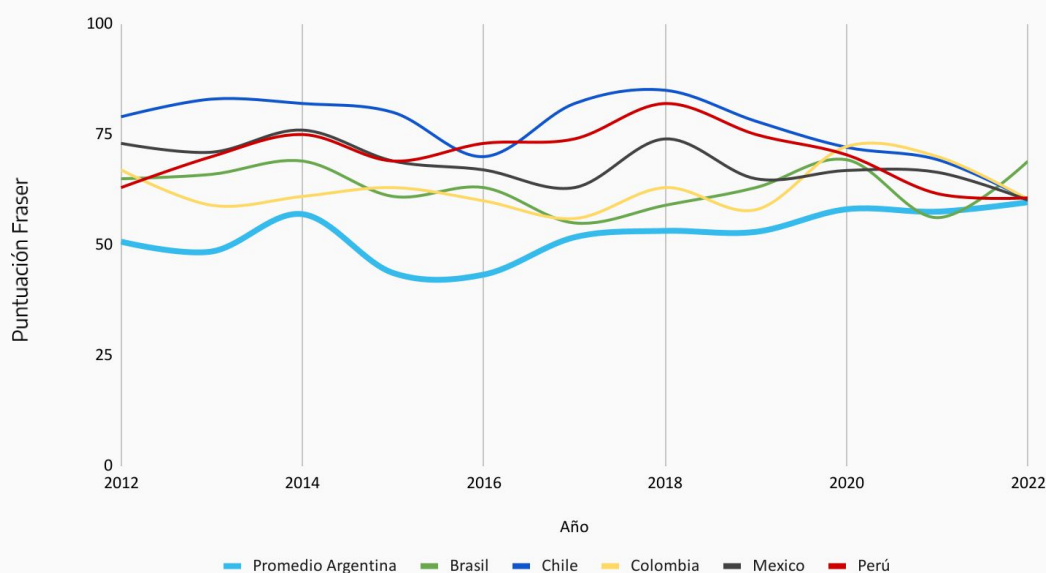


Los resultados de los montos invertidos en exploración adquieren importancia al considerar que esta etapa inicial es el primer paso para el desarrollo de proyectos mineros en provincias específicas.

Para analizar estas condiciones de inversión, se puede considerar el Índice de Atractividad a la Inversión del Instituto Fraser para el año 2022. Este índice se basa en una encuesta realizada a 1.996 empresas mineras, tanto de exploración como de desarrollo de proyectos, así como a otras empresas relacionadas con la industria. En esta encuesta, el componente de exploración representa el 42,05% del índice total y se compone de dos puntajes principales: la percepción de las políticas en la región y el potencial geológico.

A nivel nacional, al observar el Gráfico 14, se puede ver que Argentina en promedio se ubica en niveles parecidos a los otros países con mayor tradición minera de la región en 2022. Esto se debe, principalmente, a la no inclusión de las provincias con restricciones o prohibiciones a la actividad minera, en la elaboración del índice para este año. Asimismo, es importante destacar que en 2022 se produjo una caída general en este índice para los países latinoamericanos, lo cual impacta en la relativa igualdad en las posiciones del ranking.

Gráfico 14: Puntuación histórica según ranking Fraser. 2012/2022



Fuente: Dirección de Economía Minera a partir de datos del Instituto Fraser

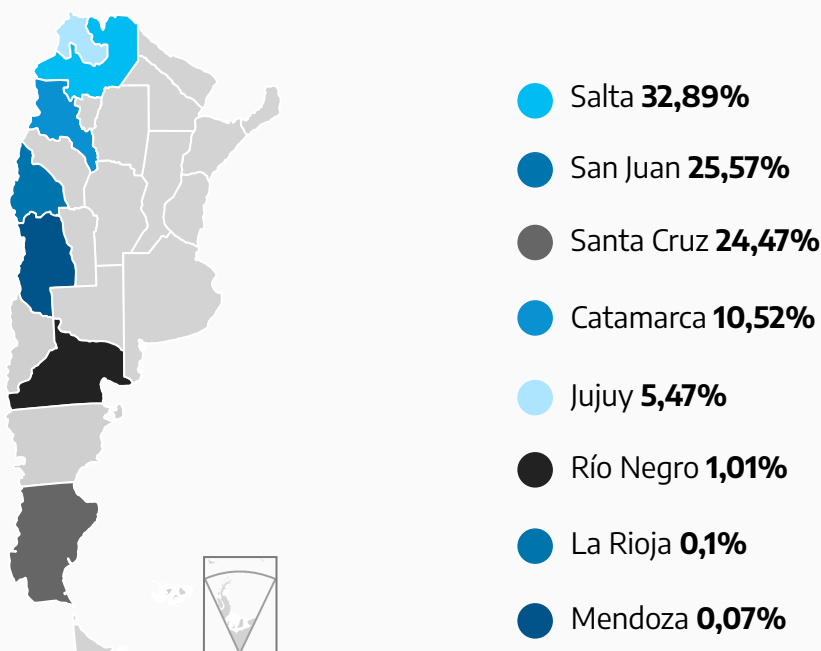
¹⁵ Traducción de The Investment Attractiveness Index, encuesta realizada para el año 2022. El **Índice de Atracción de Inversión Minera** del Instituto Fraser (Canadá) se construye en base a dos aspectos: el potencial geológico (con una ponderación del 60%) y las políticas de cada jurisdicción (con una ponderación del 40%)



Sin embargo, es importante considerar la correlación de este ranking con las inversiones efectivas en exploración. Para esto, es posible comparar las inversiones en 2020 con el Índice obtenido para el año siguiente.

Al mismo tiempo, es importante destacar que en Argentina, los recursos minerales están bajo la jurisdicción de las provincias, lo que significa que la regulación, la percepción política y el potencial geológico varían significativamente a nivel federal. Por lo tanto, el índice de atracción a la inversión considera a las provincias como entidades individuales, lo que lleva a que algunas regiones mineras como Salta y San Juan ocupen los primeros lugares en el ranking de Sudamérica. De hecho, estas dos provincias, que obtuvieron resultados destacados en la encuesta a empresas e inversores mineros en 2021, también son las que recibieron la mayor cantidad de inversiones en 2020, con un total de US\$ 72 millones y US\$ 56 millones, respectivamente. En este sentido, San Juan y Salta se ubican en los puestos 22 y 27, respectivamente, entre las 84 regiones evaluadas en todo el mundo por este índice durante el 2021. Les siguen las provincias de Santa Cruz, Jujuy, La Rioja y Catamarca, en ese orden. Es importante destacar el avance de San Juan en este índice, pasando del puesto 43 de 77 regiones en 2020 al puesto 26 en 2021 entre las 84 regiones evaluadas. Gran parte de este avance se debe al crecimiento en su potencial geológico, que aumentó un 33,19%.

Gráfico 15: Distribución de las inversiones totales en exploración por provincia. Año 2020



Fuente: Dirección de Economía Minera a partir de datos Registro de Inversiones Mineras



Por último, es importante destacar la **distribución geográfica por origen del capital** de las empresas que invirtieron en el rubro minero en Argentina. Hasta 2020, Canadá se posicionó como el país con la mayor cantidad de inversiones, seguido por China y Australia. En cuarto lugar se encuentra Estados Unidos. En origen del capital también hay inversiones argentinas, principalmente debido a la inversión en exploración de minerales no metalíferos, pero también en proyectos de litio y otros minerales que posteriormente pueden ser parcial o totalmente vendidos a empresas extranjeras para su desarrollo y operación.

Tabla 1: Inversión en exploración en Argentina por país de origen del capital. Año 2020

País de Origen*	Inversión
Canadá	79,55
China	43,54
Australia	38,14
Estados Unidos	14,52
Reino Unido	12,10
República de Corea	11,60
Colombia	8,95
Sudáfrica	5,76
Suiza	2,35
Argentina	1,44
Francia	1,07

Fuente: Dirección de Economía Minera a partir de datos Registro de Inversiones Mineras

* en todos los casos se considero la empresa controlante de la Sociedad Anónima argentina que realiza la exploración



V. Conclusiones

La exploración desempeña un papel fundamental en el desarrollo de la actividad minera en Argentina. No obstante, durante el 2020, se produjo un retroceso en este rubro, tendencia que coincide con la registrada a nivel mundial. A pesar de esto, la posición relativa de Argentina en la cartera de inversiones de las empresas que realizan exploración en el país ha ido mejorando con el paso del tiempo. En este sentido, en los últimos años las inversiones en este rubro en el país crecieron notoriamente hasta registrar en 2022 valores cercanos a su pico en 2012.

En términos regionales, Latinoamérica es uno de los principales destinos de exploración por su gran potencial geológico. En este sentido, los presupuestos exploratorios de grandes empresas en Argentina aún se encuentran por debajo de los destinados a otros países con mayor tradición minera como Perú y Chile, entre otros. Sin embargo, mientras que en los últimos años en la región los presupuestos decayeron, en Argentina los mismos se incrementaron significativamente. Esto permite suponer un aumento en la importancia relativa de Argentina en la región en términos de minería, tanto en exploración como en futuros proyectos.

Por otro lado, la inversión efectiva en exploración, según el Registro de Inversiones Mineras para 2020, es mayor a lo presupuestado por las grandes firmas. Esto sucede por la presencia de empresas juniors, en gran medida nacionales, que se dedican a este rubro. Éstas, a través de joint ventures o de ventas del proyecto una vez explorado, se asocian con firmas mayor con el fin de explotar el mineral. Este mecanismo sucede porque la exploración requiere de menores gastos de capital que la producción y construcción de un proyecto pero a su vez presenta un mayor riesgo. Las estructuras financieras de las empresas de menor tamaño les permiten una mayor versatilidad y es por esto que predominan en este rubro.

Analizando la distribución geográfica de la exploración en el país, puede notarse que la misma es coincidente con los resultados arrojados por el Índice de Atractivo de Inversión del Instituto Fraser. En este sentido, las mayores inversiones en exploración se radican en Salta y en San Juan, provincias que cuentan con mejores indicadores tanto en términos de potencial geológico como en aspectos de percepción política.

Asimismo, observando el estado de los proyectos en los cuales se encuentra actualmente la exploración puede observarse un cambio en la composición minera en Argentina. Mientras que en las provincias del norte (San Juan, Catamarca, Salta y Jujuy) la exploración se realizó en 2020 mayoritariamente en proyectos de etapas anteriores a la explotación, en Santa Cruz las firmas que exploraron fueron en mayor medida las que se encuentran actualmente en explotación.



VI. Bibliografía

Acuerdo de criterios para las distintas etapas de un proyecto minero - SECMIN - COFEMIN - SEGEMAR -

https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/20220818_acuerdo_para_homologar_criterios_de_avance_de_proyectos_smn-cofemin.pdf

Apuntes didácticos. Perforaciones en la exploración minera.

https://blogs.ead.unlp.edu.ar/geominas/files/2016/04/Perforaciones_mineria.pdf

Exploración y explotación de salmueras enriquecidas en litio y potasio en Salares de la Puna Argentina. García, R., Rocha Fasola, V., Moya Ruiz, F., & Tálamo, E. (2013). VIII Congreso Argentino de Hidrogeología y VI Seminario Latinoamericano sobre Temas Actuales de la Hidrología Subterránea.

http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/104202/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Material didáctico de la cátedra de Geología de Yacimientos, FCNyM, UNLP.

NI 43-101 Technical Report-Preliminary Economic Assessment Update for the Los Azules Project, Argentina. Disponible en

<https://www.mcewenmining.com/operations/los-azules/default.aspx>

NI 43-101 Report on the San Francisco Project, San Juan Province, Argentina for Turmalina Copper Corporation. Disponible en

<https://turmalinametals.com/projects/>

Independent Technical Report NI 43-101 on the Taguas Project – June 30, 2021. Disponible en

www.orvana.com/English/operations/Taguas/Technical-Reports/default.aspx

Portal web Argentina Lithium

<https://argentinallithium.com/>

NI 43 – 101 TECHNICAL REPORT Updated Feasibility Study and Mineral Reserve Estimation to Support 40,000 tpa Lithium Carbonate Production at the Cauchari-Olaroz Salars, Jujuy Province, Argentina. Lithium Americas. Disponible en

www.lithiumamericas.com/argentina/cauchari-olaroz/

TECHNICAL REPORT ON THE OLARAZ PROJECT JUJUY PROVINCE, ARGENTINA NI 43-101 REPORT PREPARED FOR OROCOBRE LTD.

Disponible en www.orocobre.com/investor-centre/technical-reports/

NEWS RELEASE – April 29th , 2021 Golden Arrow Provides Exploration Update and Reports Trench Results from Flecha de Oro Project, Argentina <https://goldenarrowresources.com/>

NI 43-101 Technical Report Preliminary Economic Assessment for the Ivana Uranium-Vanadium Deposit, Amarillo Grande Project. Rio Negro Province, Argentina. Disponible en

<https://blueskyuranium.com/es/proyectos/provincia-de-rio-negro/proyecto-amarillo-grande/informes-tecnicos/>

Amended and restated NI 43-101 Technical Report Taca Taca Project. Disponible en

<https://www.first-quantum.com/English/our-operations/default.aspx#module-operation--taca-taca>

NI 43-101 Technical Report, Feasibility Study for the Josemaría Copper-Gold Project, San Juan Province, Argentina. Disponible en

<https://lundinmining.com/operations/josemaria-project/>

NEWS RELEASE – Mayo 2022 - La geofísica del litio en Argentina delinea la extensión potencial de la salmuera en Rincón Oeste

<https://argentinallithium.com/site/assets/files/6268/2022-05-02-nr-lit-napd097fs.pdf>

IMF- Metal Prices Index- <https://www.imf.org/en/Research/commodity-prices>

USGS Mineral Commodity Summaries 2023 <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2023/mcs2023.pdf>

Portal de información S&P Global - <https://www.spglobal.com/>





Ministerio de Economía
Argentina

Secretaría de Minería

