



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS ESTRATEGIAS DE EXPLORACIÓN DE EMPRESAS RELEVANTES EN AMÉRICA LATINA

TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE MAGISTER EN
GESTIÓN Y DIRECCIÓN DE EMPRESAS

JOSÉ MIGUEL LÓPEZ NÚÑEZ

PROFESOR GUÍA:
ROBERTO FRÉRAUT CONTRERAS

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
ENRIQUE SILVA RAMOS
MARCOS LIMA ARAVENA

SANTIAGO DE CHILE
2023

RESUMEN DE LA TESIS PARA OPTAR AL
GRADO DE MAGISTER EN GESTIÓN Y
ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS
POR: JOSÉ MIGUEL LÓPEZ NÚÑEZ
FECHA: 2023
PROF. GUÍA: ROBERTO FRÉRAUT CONTRERAS

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS ESTRATEGIAS DE EXPLORACIÓN DE EMPRESAS RELEVANTES EN AMÉRICA LATINA

La exploración de nuevos depósitos minerales es una actividad cada vez más desafiante, ya que la tasa de éxito asociada a nuevos descubrimientos sigue una tendencia a la baja. Es en este contexto, que este estudio tiene por objeto identificar los elementos y/o factores principales de la estrategia de exploración de la industria minera en Latinoamérica, durante el periodo comprendido entre los años 2010 y 2021, de tal manera que permita explicar los casos de éxito. Para este análisis se consideraron diez empresas relevantes en América Latina en función de su producción de cobre fino. Además, se analiza el impacto de la pandemia en las estrategias de exploración. Para cumplir con los objetivos se estableció una metodología que permite distinguir los elementos de la estrategia de exploración a través de diversas fuentes públicas. Esto permitió la identificación de los principales factores que podrían explicar los descubrimientos realizados por estas compañías. Estos componentes incluyen: a) Mantenimiento de un nivel de inversión adecuado: Es importante mantener ciertos niveles de inversión que permita dar continuidad a los programas a lo largo del tiempo, sobre todo en la etapa de exploración básica. Grandes o sostenidas inversiones no garantizan grandes descubrimientos, lo que sugiere que el éxito de los programas de exploración no se reduce únicamente a la disponibilidad de fondos. b) Selección de jurisdicciones: La elección de donde se llevan a cabo los programas de exploración puede tener un impacto en los resultados. Países con una menor madurez geológica pueden ofrecer buenas oportunidades, pero a menudo están asociados con un mayor riesgo país, lo que dificulta el desarrollo de los programas, por lo que tienden a tener una duración más corta, afectando el éxito de estos. Compañías que tienden a mantener actividades de exploración en menos jurisdicciones fueron más propensas al éxito, aunque esto no se observa en otras compañías con el mismo comportamiento. c) Estrategias de crecimiento: Se observa que tanto las estrategias de crecimiento orgánico como inorgánico pueden llevar a descubrimientos significativos. Algunas compañías han logrado resultados positivos al centrarse en áreas conocidas y desarrollar actividades de exploración en ambientes brownfield. Otras han obtenido éxitos en ambientes greenfield, donde no se había realizado exploración previa. d) Gestión del conocimiento: Varios estudios lo sindicaron como un elemento crítico, sin embargo, la falta de información pública no permitió profundizar en la realidad de las compañías. Finalmente, la pandemia generó un impacto en las estrategias, pero la industria demostró resiliencia al adaptarse a las nuevas condiciones. La reducción de presupuestos, la priorización de proyectos y la incorporación de esta como un riesgo empresarial son algunos de los efectos.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mis más sinceros agradecimientos a todos aquellos que, de una u otra manera, contribuyeron al desarrollo de este estudio. Sus apoyos, orientaciones y palabras de aliento han sido fundamentales para este logro. Me gustaría expresar especiales agradecimientos a mi familia: Elizabeth y Josefa, quienes pacientemente comprendieron el esfuerzo de estar horas frente al computador y me alentaron a continuar. Extiendo este reconocimiento a mis padres, hermanos, sobrinos y en general a todos los miembros de mi familia y amigos por su constante influencia positiva. A mi profesor guía: Roberto, quien me instó a continuar cuando aún no sentía que el tema escogido llegara a un resultado interesante. A la empresa Vale, representada por Fabio, quien me incentivó a desarrollar este programa de estudio, facilitando el tiempo para poder cumplir los objetivos académicos y motivándome a dar más de mí mismo.

Tabla de Contenido

1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANÁLISIS DEL PROBLEMA Y JUSTIFICATIVA	2
3. OBJETIVOS	3
4. ALCANCE	4
5. METODOLOGIA	5
6. MARCO CONCEPTUAL DE UNA ESTRATEGIA DE EXPLORACIÓN	5
6.1. TIPOS DE ACTIVIDADES DE EXPLORACIÓN	6
6.1.1. <i>Exploración Greenfield</i>	7
6.1.2. <i>Exploración Brownfield</i>	7
6.2. CICLO DE LA EXPLORACIÓN MINERA	8
6.3. MADUREZ GEOLÓGICA DE UNA JURISDICCIÓN	10
6.4. POLÍTICAS Y LEYES APLICABLES A LA MINERÍA	11
6.5. PROPIEDADES MINERAS	12
6.6. IMPUESTOS Y ROYALTIES	12
6.7. NEGOCIOS Y ACUERDOS DE RIESGO COMPARTIDO (<i>JOINT VENTURE</i>)	12
6.8. USO DE TECNOLOGÍAS Y DESARROLLO DE CONOCIMIENTOS GEOCIENTÍFICOS	13
7. RESULTADOS DE LA EXPLORACIÓN MINERA EN LATINOAMÉRICA	14
8. ASIGNACIÓN DE PRESUPUESTO Y SUS EFECTOS	18
8.1. PRESUPUESTOS POR ETAPA	19
8.2. PRESUPUESTOS POR EMPRESA	23
9. OTROS ELEMENTOS DE LA ESTRATEGIA DE EXPLORACIÓN	32
9.1. GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO	32
9.2. CONSIDERACIONES SOBRE LA MADUREZ GEOLÓGICA	34
9.3. IMPLICANCIAS DEL NIVEL DE RIESGO PAÍS	38
9.4. IMPORTANCIA DEL RÉGIMEN DE CONCESIONES O DERECHOS MINEROS	43
9.5. APRECIACIONES SOBRE DESARROLLO ORGÁNICO VERSUS INORGÁNICO	44
10. EFECTOS DE LA PANDEMIA EN LAS ESTRATEGIAS DE EXPLORACIÓN	49
11. CONCLUSIÓN	53
12. BIBLIOGRAFIA	58

Índice de Tablas

Tabla 1. Depósitos de cobre sobre 10 Mt Cu fino descubiertos en el mundo desde 2011 a la fecha (datos de Standard & Poor's hasta 2021).	15
Tabla 2. Calificación riesgo país según S&P Global (actualización noviembre 2022).	39

Índice de Ilustraciones

Figura 1. Depósitos y distritos gigantes de cobre del mundo (tomado de Hedenquist et al., 2013).....	4
Figura 2. Elementos críticos de la exploración minera.	6
Figura 3. Etapas de la exploración.....	8
Figura 4. Descubrimientos de cobre y presupuesto global de exploración de cobre entre 1990 y 2021 (datos de Standard & Poor's).	15
Figura 5. Proporción de descubrimientos por región entre 1990 y 2021 (datos de Standard & Poor's).....	16
Figura 6. Gráfico con variación de presupuestos de exploraciones en Latinoamérica y descubrimientos representados por la bandera de cada país (datos de Standard & Poor's).....	17
Figura 7. Variación anual de presupuestos de exploración básica en América Latina para el grupo de empresas estudiadas.....	20
Figura 8. Variación anual de presupuestos asignados a Exploración Avanzada & Factibilidad en América Latina para el grupo de empresas estudiadas.....	21
Figura 9. Variación anual de presupuestos de exploración entorno de mina en América Latina para el grupo de empresas estudiadas.	22
Figura 10. Variación anual de presupuestos de exploración BHP en América Latina.....	23
Figura 11. Variación anual de presupuestos de exploración de AngloAmerican en América Latina.....	24
Figura 12. Variación anual de presupuestos de exploración de Antofagasta Minerals en América Latina.....	25
Figura 13. Variación anual de presupuestos de exploración Codelco en América Latina.....	26
Figura 14. Variación anual de presupuestos de exploración de FMQ en América Latina.....	27
Figura 15. Variación anual de presupuestos de exploración de Freeport McMoran en América Latina.	27
Figura 16. Variación anual de presupuestos de exploración de Glencore (2014-2021) y Xtrata (2010-2013) en América Latina.	28
Figura 17. Variación anual de presupuestos de exploración de Rio Tinto en América Latina.....	29
Figura 18. Variación anual de presupuestos de exploración de Southern Copper en América Latina.	30
Figura 19. Variación anual de presupuestos de exploración de Teck Resources en América Latina.....	31
Figura 20. Variación anual de presupuestos de exploración de Vale en América Latina.....	31
Figura 21. Diagrama con proporción de actividades de exploraciones por país. Confección propia en base a presupuestos 2021 reportados por S&P Global Intelligence.	35
Figura 22. Diagrama con proporción de actividades de exploración básica por país según presupuesto destinado. Confección propia en base a presupuestos 2021 reportados por S&P Global Intelligence.	36
Figura 23. Presencia de actividades de exploración básica por país durante los años 2011, 2016 y 2021. Confección propia en base a presupuestos 2021 reportados por S&P Global Intelligence. El orden de los países refleja un orden descendente de montos invertidos en cada país.	37

1. INTRODUCCIÓN

El mundo posee una superficie cercana a los 510 millones de kilómetros cuadrados, donde se ubican centenares de depósitos de cobre relevantes y que poseen en su mayoría menos de un kilómetro cuadrado expresados en la superficie. Entonces surgen las preguntas: ¿dónde vamos a explorar nuevos depósitos minerales en esta vasta superficie? ¿cómo lo haremos? Es en este momento donde la estrategia de exploración surge como el lineamiento que despejará estas interrogantes, sin embargo, responder a estas preguntas no resulta sencillo y requiere de un profundo análisis de cuáles son los objetivos y necesidades de la compañía en ese momento, las cuales deberán estar estrechamente relacionadas a la estrategia corporativa.

Los minerales y metales son componentes esenciales para el crecimiento de nuestra sociedad. El descubrimiento de minerales, su explotación y posterior uso se multiplicó con el surgimiento de la civilización y continúa en la actualidad. El tamaño de un depósito mineral es demasiado pequeño en comparación con la vasta corteza terrestre. Se han descubierto depósitos cerca de la superficie a lo largo de los siglos, desde donde se explotaron minerales y extraídos metales. Ahora la realidad es que la búsqueda se concentra principalmente en aquellos depósitos ocultos, que raramente muestran firmas superficiales, trayendo nuevas oportunidades, pero también nuevos retos a la industria. Los nuevos descubrimientos requerirán tecnología de punta, distintas técnicas de exploración, personal técnico capacitado, conocimiento científico, sistemas de procesamiento de datos de alta gama y habilidades de interpretación como hasta ahora no se han visto.

La exploración minera es probablemente una de las etapas más desafiantes dentro del ciclo minero, pues su tasa de éxito es muy baja. Si bien los números pueden variar dependiendo del estudio, se estima que uno de cada mil prospectos se convertirá en mina (Haldar, 2018). Ahora bien, si consideramos que durante el último tiempo el número de nuevos descubrimientos ha ido en un franco descenso, esta relación podría ser aún menor. Luego, al considerar que la demanda por diferentes minerales va en constante aumento, el escenario a futuro se vuelve complejo.

La exploración de nuevos depósitos corresponde a la primera etapa del ciclo minero y comprende una serie de actividades que comienza con la búsqueda y reconocimiento de un nuevo prospecto. Para alcanzar este hito se han desarrollado a través de los años numerosas técnicas de exploración que evolucionan constantemente, donde la tecnología toma la vanguardia en las últimas décadas, sobre todo luego del comienzo de la cuarta Revolución Industrial, pero el uso y aplicación de ciertas metodologías dependerá exclusivamente de los lineamientos que la empresa determine a través de su estrategia.

Dada la baja probabilidad de éxito, más de alguno pensará que no vale la pena explorar, sin embargo, la evidencia más directa de que la exploración es rentable a largo plazo la proporciona la supervivencia y el crecimiento de empresas individuales (Doggett, 2000).

2. ANÁLISIS DEL PROBLEMA Y JUSTIFICATIVA

La estrategia de exploración está fuertemente influenciada por la existencia de activos mineros en las jurisdicciones donde se explora, además los objetivos estratégicos deberán estar alineados con los presupuestos disponibles, en concordancia con el depósito objetivo buscando, recogiendo consideraciones sobre el tamaño, ley mineral esperada y complejidad logística de la región donde este se encuentra, así como también otros factores relevantes. A pesar de que la minería es un negocio a largo plazo, se reconoce una fuerte influencia del precio del commodity, al igual que las políticas gubernamentales relevantes que impacten a la actividad en una región dada y no menos importante es el efecto de la estructura de impuestos y royalties que posea la jurisdicción donde se están desarrollando las actividades.

Los planteamientos y herramientas aplicadas a la exploración varían dependiendo de la disponibilidad de presupuesto de exploración, así como también de las capacidades técnicas de la organización (White, 2005). Los prospectores generalmente trabajan como individuos o pequeños grupos, mientras que las compañías de mayor envergadura emplean exploradores especialistas, mayoritariamente geólogos, pero incluyen especialistas geoquímicos y geofísicos cuando existe suficiente demanda interna por sus servicios. Grandes grupos de exploración podrían estar comprendidos por cientos de personas con especialistas técnicos incluyendo personal de soporte.

Uno de los pasos claves o fundamentales en la exploración minera es localizar las características geológicas relacionadas con la mineralización objetivo, generando e investigando mapas geológicos con la mayor cantidad de información técnica posible. La estrategia de exploración es lo que posibilita la correcta y oportuna identificación de aquellas áreas. Los lineamientos que entrega una estrategia son ampliamente debatidos dentro de las compañías, pues la estrategia de exploración es reconocida como uno de los puntos fundamentales que marcan el camino hacia el éxito o fracaso futuro de una compañía minera, de ahí la importancia de esta. Es por esto que se debe tener claro qué define el éxito para la compañía, qué tamaño de depósitos y cuánto contenido metálico se está buscando, así como también cuantos recursos económicos se dispondrán para alcanzar tal objetivo. Una vez resueltas estas definiciones será posible comenzar con el diseño de una estrategia exitosa.

A simple vista es posible reconocer grandes diferencias entre las estrategias de distintas compañías, algunas empresas apuestan por enfocarse únicamente en los distritos mineros donde poseen minas en operación y en países con riesgos políticos-económicos medianamente bajo y estables en el tiempo, mientras que otras compañías privilegian nuevas jurisdicciones con mayor riesgo, no solo político, sino también geológico o social. Dentro de estos extremos se puede identificar un amplio número de combinaciones posibles.

La estrategia de exploración estará fuertemente influenciada por la existencia de activos mineros en las jurisdicciones donde se explora, además los objetivos estratégicos deberán estar alineados

con los presupuestos disponibles, en concordancia con el depósito objetivo buscando, recogiendo consideraciones sobre el tamaño, ley mineral esperada y complejidad logística de la región donde este se encuentra. A pesar de que la minería es un negocio a largo plazo, se reconoce una fuerte influencia del precio del commodity, al igual que las políticas gubernamentales relevantes que impacten a la actividad en una región dada y no menos importante es el efecto de la estructura de impuestos y royalties que posea la jurisdicción donde se están desarrollando las actividades.

Los planteamientos y herramientas aplicadas a la exploración varían dependiendo de la disponibilidad de presupuesto de exploración, así como también de las capacidades técnicas de la organización (White, 2005). Los prospectores generalmente trabajan como individuos o pequeños grupos, mientras que las compañías de mayor envergadura emplean exploradores especialistas, mayoritariamente geólogos, pero incluyen especialistas geoquímicos y geofísicos cuando existe suficiente demanda interna por sus servicios.

Uno de los pasos claves o fundamentales en la exploración minera es localizar las características geológicas relacionadas con la mineralización objetivo, generando e investigando mapas geológicos con la mayor cantidad de información técnica posible. La estrategia de exploración es lo que posibilita la correcta y oportuna identificación de aquellas áreas. Los lineamientos que entrega una estrategia son ampliamente debatidos dentro de las compañías, pues la estrategia de exploración es reconocida como uno de los puntos fundamentales que marcan el camino hacia el éxito o fracaso futuro de una compañía minera, de ahí la importancia de esta. Es por esto que se debe tener claro qué define el éxito para la compañía, qué tamaño de depósitos y cuánto contenido metálico se está buscando, así como también cuantos recursos económicos se dispondrán para alcanzar tal objetivo. Una vez resueltas estas definiciones será posible comenzar con el diseño de una estrategia exitosa.

A simple vista es posible reconocer grandes diferencias entre las estrategias de distintas compañías, algunas empresas apuestan por enfocarse únicamente en los distritos mineros donde poseen minas en operación y en países con riesgos políticos-económicos bajos y estables en el tiempo, mientras que otras compañías privilegian nuevas jurisdicciones con mayor riesgo, no solo político, sino también geológico o social. Dentro de estos extremos se puede identificar un amplio número de combinaciones posibles.

3. OBJETIVOS

El principal objetivo de este estudio es identificar los elementos de la estrategia de exploración que han aportado éxito a las respectivas compañías durante la última década, es decir, aquellas decisiones estratégicas que resultaron ser las más acertadas en la exploración y por ende tuvieron un impacto en el resultado, lo cual se comprueba con el reconocimiento de un cuerpo mineral potencialmente explotable.

Adicionalmente, se indagará el efecto de la pandemia de la Covid-19 en las estrategias de exploración de la industria en general.

4. ALCANCE

Para lograr los objetivos propuestos, el área de trabajo se ha circunscrito a América Latina, región geográfica que concentra un gran porcentaje de la producción de cobre mundial (figura 1), además de incluir jurisdicciones emergentes que prontamente reportaran producciones interesantes.

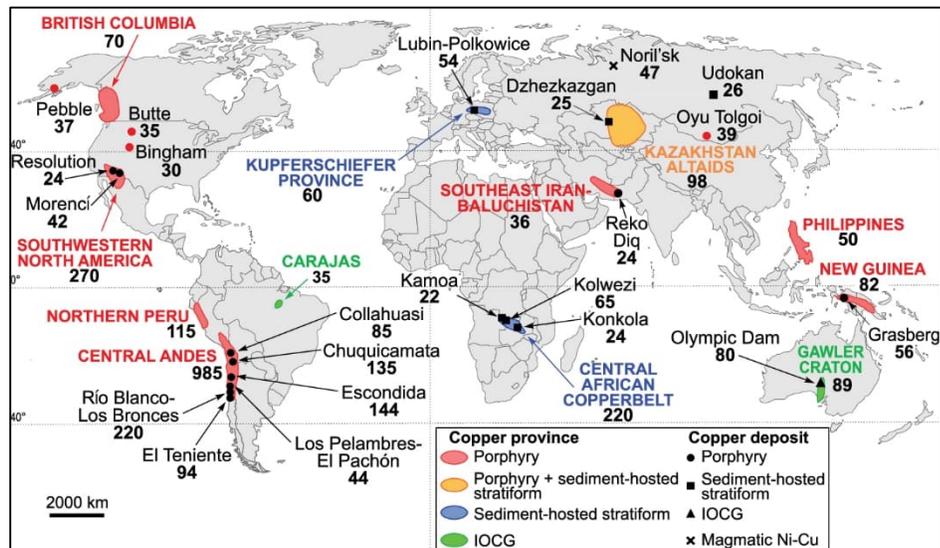


Figura 1. Depósitos y distritos gigantes de cobre del mundo (tomado de Hedenquist et al., 2013).

Se analizarán las actividades asociadas a la exploración de depósitos de cobre de un grupo de compañías relevantes en la región: AngloAmerican, Antofagasta Minerals, BHP, Codelco, First Quantum Minerals, Freeport Mc-Moran, Glencore, Rio Tinto, Southern Copper, Teck y Vale.

Este estudio se enfoca en el periodo comprendido entre los años 2010 y 2021, pues se trata de un periodo caracterizado por la parte final del Super Ciclo del Cobre, así como también incluye el inicio de la pandemia de la Covid-19, añadiendo nuevos desafíos a una industria atribulada por la falta de descubrimientos.

De esta manera, se busca comprender el esfuerzo que estas compañías están haciendo para la búsqueda de cobre en esta región, para así enlazarlo con los descubrimientos reportados durante el periodo de estudio.

5. METODOLOGIA

La estrategia de exploración está compuesta por una serie de lineamientos estratégicos que provienen de la propia estrategia corporativa de la compañía, por lo que el primer paso corresponderá a establecer una estructura general que aloje cada uno de los potenciales elementos críticos.

El éxito de este estudio dependerá de la facilidad para identificar los elementos que componen una estrategia de exploración de una compañía, cuestión que de por sí representará un gran desafío, pues las compañías guardan celosamente cuál es su estrategia. A pesar de lo anterior, la estrategia puede quedar en evidencia a través de presentaciones corporativas en seminarios o conferencias de la industria, así como también movimientos de propiedad minera, anuncios de negocios o alianzas de exploración entre otras fuentes que se indagaron. También se encuentra en desarrollo algunas entrevistas a distintos representantes de la industria.

Una vez concretada la identificación de los elementos de cada compañía, se procederá a realizar el análisis de estos, buscando encontrar elementos diferenciadores y que a su vez logran explicar casos de éxitos dentro de la industria.

La evolución de los presupuestos en las distintas etapas de proyectos y países resulta un material de mucho interés, pues permite observar tendencias, así como también cómo se reflejan las decisiones que las compañías van aplicando.

Con la finalidad de estudiar el impacto que ha tenido la Covid-19, se realizará un especial análisis sobre las modificaciones de la estrategia que podrían ser explicadas por las complicaciones operacionales que ha provocado la pandemia en América Latina.

6. MARCO CONCEPTUAL DE UNA ESTRATEGIA DE EXPLORACIÓN

Una estrategia de exploración estará fuertemente influenciada por elementos que afectan directa o indirectamente las decisiones de las compañías. Las respuestas a preguntas del tipo qué, dónde y cómo resultan claves, considerando las dificultades para la búsqueda de nuevos depósitos de cobre. En este sentido, es clave conocer los modelos geológicos existentes, determinar las regiones donde explorar, definir las técnicas y herramientas con las que se explorará, evaluar los riesgos y precisar acciones para mitigarlos, delinear el equipo necesario para cumplir los objetivos, evaluar el efecto de factores externos a las compañías y finalmente diseñar el programa de trabajo y estimar el presupuesto para cumplirlo.

A continuación, se detallan algunos de estos elementos (figura 2), de cuyo análisis se obtendrán conclusiones que avalen el direccionamiento de las compañías objeto de este estudio.

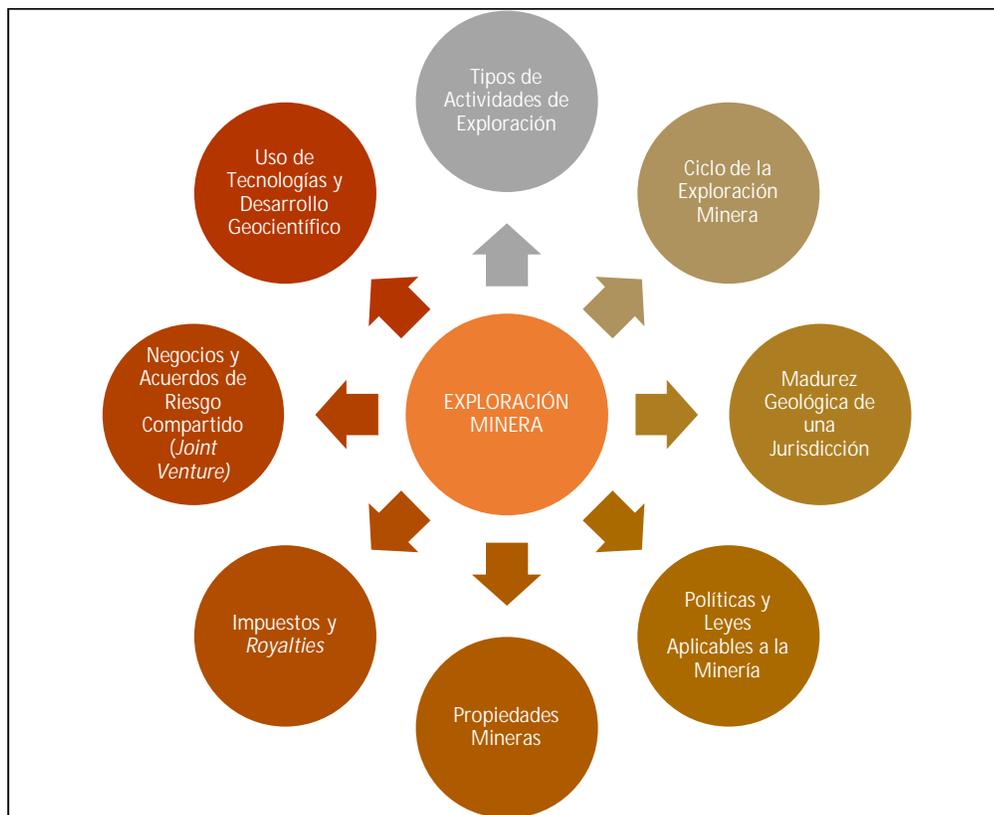


Figura 2. Elementos críticos de la exploración minera.

Vale hacer notar que este análisis no contempla realizar una identificación completa y definitiva respecto a conceptos claves, sino que está enfocada hacia los aspectos principales, los cuales permitirían entender de mejor forma la estrategia de exploración que desarrollan las compañías, sean estos factores internos o externos.

6.1. Tipos de Actividades de Exploración

Un depósito minero se puede caracterizar de manera muy simple, pero efectiva, como una medida de concentración promedio (típicamente porcentaje o partes por millón) de aquel metal o elemento, contenido en una unidad de masa, siendo generalmente usadas las toneladas, así se podrá obtener una cantidad estimada de minerales o metales contenidos. Dependiendo de estos dos parámetros, un descubrimiento puede ser inmediatamente útil para la organización y su explotación sería económicamente rentable. Pero antes, el geólogo de exploración debe encontrar el depósito minero, para que después un equipo de geólogos, metalurgistas, ingenieros en minas, economistas, expertos legales, analistas comunitarios e ingenieros ambientales entre otros, puedan transformar esos recursos en reservas factibles de ser explotadas.

La minería es una actividad económica y por ende se extraerán los recursos mineros que generen una ganancia económica al dueño del depósito, es decir, se extraerá mineral hasta que su costo iguale al precio obtenido por la venta de este. Estos límites no son fijos y pueden variar significativamente dentro de un periodo, provocando que un depósito no económico pueda

volverse económico en el futuro, luego de un aumento de precios de mercado o el desarrollo de alguna tecnología que permita reducir los costos y explotar económicamente esos recursos mineros. También se puede dar el caso contrario, es decir depósitos económicos que se ven afectados por bajas en los precios de los commodities y se vuelven subeconómicos.

En general se pueden identificar dos tipos de descubrimientos: *greenfield* y *brownfield*. Si bien ambos conceptos provienen de la industria de la construcción, estos están ampliamente diseminados en la industria minera. Un terreno no desarrollado será descrito como *greenfield*, mientras que un terreno previamente trabajado se denominará como *brownfield* (Gandhi & Sarkar, 2016).

6.1.1. Exploración Greenfield

Los descubrimientos *greenfield* corresponde a descubrimientos de cuerpos minerales que se localizan lejos de los yacimientos conocidos, por lo que corresponden a descubrimientos pioneros, en nuevas circunscripciones o distritos, donde antes no se conocía un depósito del tipo que se encontró. Estos descubrimientos surgen como consecuencia de un programa de exploración de base a gran escala y que suele denominarse trabajos *grassroots*, los cuales serán detallados más adelante.

Esta actividad conlleva el riesgo de operar en un territorio literalmente desconocido. En estos nuevos proyectos la información disponible generalmente se limita a la geología regional o distrital, además de las estructuras existente en el área. Aunque podría existir información geofísica regional y uno que otro dato de perforación.

Los equipos de exploración se basan en el poder predictivo de los modelos de formación de depósitos minerales, para así encontrar nuevos depósitos en áreas previamente inexploradas o en áreas donde aún no se sabe que existen. Es por esto que ellos deben confiar en las predicciones de los modelos geológicos para localizar depósitos potenciales.

Se pueden considerar los descubrimientos de Los Helados, Inca de Oro, Valeriano, El Morro-Fortuna y West Wall como ejemplos de descubrimientos *greenfield* de cobre en Chile durante este siglo (Cochilco, 2016).

6.1.2. Exploración Brownfield

En la exploración *brownfield*, los geólogos buscan depósitos en las cercanías a una mina que está o que estuvo en operación. Dado que los geólogos pueden utilizar los datos existentes, el riesgo en la exploración *brownfield* es considerablemente menor que en la exploración *greenfield*.

Dado que las instalaciones para extraer y procesar el mineral ya se construyeron y pagaron, el costo de capital adicional para procesar el nuevo mineral encontrado suele ser mucho más bajo. El menor riesgo, además de los ahorros de capital son también inmensamente atractivos para las grandes empresas, las cuales buscan aumentar su base de recursos y reservas, además de

extender la vida útil de la mina en una operación en particular. Este es un importante empuje para el desarrollo de este tipo de exploraciones.

Otra ventaja es la gran cantidad de datos de exploración disponibles y el conocimiento interno que se tiene del depósito principal, lo que disminuye considerablemente el riesgo geológico y eventualmente ofrece inmensos beneficios económicos a la empresa en caso de resultar un descubrimiento.

En el caso de operaciones agotadas, podría darse que estas ventajas no solo puedan ser detectadas por las empresas dueñas del depósito. Es por esto que existe un gran nicho de negocios basado en el interés de empresas *junior* que se sienten atraídas por las ventajas de los proyectos *brownfield*. Las bases de datos históricas que contienen datos geológicos, resultados de perforación, testigos de perforación y muestras de exploraciones anteriores son un gran beneficio económico cuando se inicia un nuevo programa de exploración o desarrollo, y pueden ahorrarles a las empresas cuantiosos recursos solo en costos de exploración.

A partir del 2008, casi la totalidad de los descubrimientos de cobre en Chile provienen de exitosos programas de exploración *brownfield*, como por ejemplo los depósitos Pampa Escondida en La Escondida, La Huifa en El Teniente o Los Sulfatos en Los Bronces, por nombrar a algunos (Cochilco, 2016).

6.2. Ciclo de la Exploración Minera

Conocer el ciclo de vida de un proyecto de exploración es vital para comprender las decisiones que toman las compañías al implementar sus estrategias de negocios asociadas a la exploración minera.

En general el proceso de exploración depende del área, el equipo y los recursos, sin embargo, la exploración de depósitos minerales usualmente sigue una secuencia típica de fases (figura 3), desde el descubrimiento hasta la producción.



Figura 3. Etapas de la exploración

El ciclo comienza con la etapa de identificación y esta consiste en ubicar áreas que probablemente alberguen depósitos minerales. Dado que los depósitos minerales tienden a formarse en grupos, las áreas prospectivas poseen rasgos similares a zonas donde ya se conoce mineralización económica, o bien podría estar cerca de distritos mineros existentes. En general se utilizan

grandes escalas de trabajo, donde los datos son más bien escasos y por ende representa un desafío, pero también una oportunidad. Pueden incluir imágenes satelitales, mapas regionales, estudios geoquímicos de sedimentos de quebradas o estudios geofísicos regionales, entre otros. El objetivo es generar blancos, lo que usualmente puede tomar uno o dos años, con un costo de 50.000 a 500.000 dólares.

En esta etapa es donde se aplican de propiedades mineras y se revisan potenciales restricciones asociadas a zonas con protección legal-ambiental. Los exploradores deben asegurarse de que el área prospectiva esté disponible para desarrollar minería y que este sector no presente derechos mineros de terceros sobre las áreas prospectivas definidas en la etapa anterior. Luego de este análisis preliminar, se debe solicitar las propiedades mineras que cubran la zona con el potencial detectado.

Los proyectos de exploración *grassroots* son los proyectos más riesgosos en el negocio minero. Algunas estadísticas indican que solo uno de cada mil proyectos de exploración *grassroots* llega a la etapa de producción (Haldar, 2018).

Luego viene la etapa de estudio, que consiste en investigar los prospectos y blancos definidos en la etapa anterior. Un equipo compuesto por geólogos revisa completamente estas zonas, mapeando los afloramientos existentes y buscando elementos indicadores de la presencia de un depósito mineral en profundidad. Incluye levantamientos geofísicos para caracterizar indirectamente de las rocas en profundidad. Estos estudios buscan detectar anomalías o indicadores de que un depósito mineral podría estar presente. Esta etapa también puede incluir muestreo de rocas y suelos, análisis de campañas de exploración anteriores y confección de mapas de superficie a una menor escala.

Después de alcanzar un cierto nivel de confianza, se llevará a cabo la perforación de sondajes para probar la existencia de un depósito mineral. Estos sondajes pueden perforarse desde unas pocas decenas de metros hasta cientos o miles de metros, dependiendo del objetivo geológico buscado. Los sondajes entregan información relevante, pues permiten validar los modelos prospectivos en profundidad, por lo que se analizan detalladamente en busca de posibles indicaciones de la presencia de un depósito. Parte de estos testigos se envían a un laboratorio de análisis químicos para medir la concentración de elementos de interés que hay en la roca.

Los sondajes poseen un carácter exploratorio (*scouting*) y los interceptos mineralizados conformarán el descubrimiento de un cuerpo mineralizado, permitiendo concretar un ejercicio de estimación de recursos geológicos de carácter preliminar. Estos trabajos se pueden desarrollar en un periodo de dos a tres años, con costos variables entre uno y cinco millones de dólares. El objetivo primordial es la identificación de cuerpos mineralizados.

La tercera etapa corresponde a la etapa de definición. Comprende trabajos a escala de detalle, con el desarrollo de un modelo geológico conceptual del depósito, con foco en el control de la mineralización, tipo de yacimiento y dimensiones de este. En esta etapa se busca detallar de una

mejor forma el depósito, incluyendo una mejor estimación de recursos geológico, distribuyendo las perforaciones en mallas más o menos regulares, delineando de mejor forma el depósito. Con esto se busca incrementar las informaciones en profundidad, de tal manera de reducir incertidumbre. En general esa fase dura otros dos a tres años, requiriendo de 15 a 25 millones de dólares de inversión y su objetivo es la definición del yacimiento

Posteriormente viene la etapa de inversión, donde el foco está en la eliminación de riesgos y la transformación de recursos a reservas mineras. Dado que la minería requiere una cantidad significativa de inversión y recursos, normalmente se realizan más pruebas y evaluaciones en esta etapa de la exploración minera. Estas pruebas y evaluaciones pueden incluir: perforación de seguimiento adicional; pruebas metalúrgicas; evaluaciones ambientales; evaluación de riesgos; modelado de recursos; diseño y estrategia de minas y/o Evaluación Económica Preliminar (PEA), estudios de prefactibilidad y factibilidad.

El propósito de esta etapa es recopilar y analizar datos de detalle, mapear con precisión todos los aspectos del depósito para obtener estimaciones económicas y de viabilidad y, en última instancia, informar potenciales defectos fatídicos que inviabilicen la explotación económica de esos recursos. Al final el proyecto se encuentra listo para la decisión de producción, luego de lo cual se construirá y comenzará la extracción de la mina.

Como se dijo anteriormente, la comprensión de estas etapas resulta importantísimo, pues al avanzar en las etapas existe una disminución relevante del riesgo inherente de la exploración, aumentando por cierto su valor en el mercado. Lo cierto es que algunas compañías no están dispuestas a correr riesgos con la exploración tipo *grassroots*, por lo que buscan proyectos con un PEA positivo o incluso etapas posteriores a la prefactibilidad.

6.3. Madurez Geológica de una Jurisdicción

Corresponde al grado de evolución alcanzado por la exploración minera en una zona geográfica, lo que se traduce en el agotamiento de recursos geológicos existentes. Si bien es un concepto altamente cuestionado por muchos profesionales de la industria, lo cierto es que las señales de madurez en la exploración obligan a replantear las formas de afrontar los procesos que generen nuevos descubrimientos.

La madurez geológica depende del efecto combinado entre las entregas de información positivas, ya que la información geológica creada a partir de los descubrimientos fomenta una mayor exploración debido a la correlación espacial de los depósitos y el efecto negativo del agotamiento de las oportunidades de exploración, que tendrá una influencia distinta dependiendo si la compañía es *junior* o *major*. Entonces se puede estimar como el efecto de los descubrimientos en los gastos de exploración de etapa inicial (Castillo & Roa, 2021).

La discusión sobre el nivel de madurez geológica de un país resulta clave para definir las políticas óptimas que promuevan el desarrollo minero.

Típicamente se señala que Chile posee un alto grado de madurez en la exploración de depósitos tipo pórfido cuprífero, mientras que países como Ecuador o Colombia serían jurisdicciones con baja madurez y por ende más oportunidades para descubrir depósitos minerales.

6.4. Políticas y Leyes Aplicables a la Minería

Este es otro elemento fuertemente estudiado por las compañías mineras. Los estados o regiones individuales formulan su propia política bajo un esquema nacional de interés del Estado. La política nacional es el principio, filosofía, visión y misión para el desarrollo del sector minero. Las reglas, los reglamentos y las leyes son el marco de formulación de las exigencias definidas por la legislación principal. En este sentido no solo la regulación minera es de interés, sino también la relacionada con la protección del medio ambiente; salud y seguridad; aguas y leyes laborales, entre otras.

Los objetivos y perspectivas nacionales son dinámicos y responden a las necesidades cambiantes de la industria en el contexto de la economía nacional y mundial. La política y las leyes se modifican cuando la sociedad en su mayoría lo estima necesario, pero en general estas deben procurar ser confiables y transparentes, pues tendrán una influencia relevante en la promoción de un clima de inversión sostenido en exploración y minería.

En la ley debe reflejarse un entorno de trabajo adecuado, la cual asegure la eliminación de cuellos de botella y trámites burocráticos que obstaculizan la productividad y la eficiencia a largo plazo.

El aumento de la competencia debido a la globalización, el más alto nivel de uso de la tecnología y el crecimiento de las iniciativas en el sector minero han adquirido una importancia crítica. La política y las leyes mineras deben garantizar la voluntad, estabilidad, y sostenibilidad de la industria minera, independientemente del gobierno de turno.

Análisis del tipo POST (Política, Operaciones, Seguridad y Terrorismo) permite hacer una evaluación rápida de las condiciones que una inversión minera podría enfrentar en cada país. Adicionalmente existen rankings de atracción de inversión extranjera, ambiente laboral y de negocios, calificación de riesgos, etc.

Las elecciones suelen ser hitos relevantes y deben ser monitoreados de cerca, pues podría ocurrir un giro importante en la forma que un país está viendo a la minería, como lo que sucedió recientemente en Colombia y la elección de Gustavo Petro como Presidente de la República, quien era percibido como un candidato anti minero. La primera consecuencia de su elección fue la baja de precios de las acciones de las principales firmas que están operando en el país, dado el posible cambio en las reglas del juego que podría empujar el nuevo presidente.

6.5. Propiedades Mineras

Las obligaciones y derechos detrás de un título minero es un elemento altamente valorado por las compañías y por ende se analizan profusamente antes de comenzar un programa de exploración.

La forma de solicitar derechos mineros difiere significativamente entre los distintos países. Algunos establecen procedimientos administrativos altamente soportados por tecnologías de la información, mientras que otros desarrollan largos procesos judiciales que buscan dar más certeza al título minero.

Las concesiones mineras en general son responsabilidad del Estado o la Provincia, dependiendo del país que se analice. Factores como el nivel de amparo de la concesión, la concentración de la propiedad y disponibilidad de territorio forman parte importante de las motivaciones para seleccionar una estrategia por sobre otra. Por ejemplo, la concentración excesiva de propiedad minera en manos de pocas empresas impactará la falta de disponibilidad de territorio para aplicar nuevos derechos mineros, provocando un gran desincentivo a desarrollar actividades tipo *greenfield*. Adicionalmente se debe evaluar la existencia de incentivos al ingreso de nuevos actores, apalancado por la entrega de información geológica proveniente de antiguos concesionarios.

6.6. Impuestos y Royalties

Este elemento corresponde a uno de los más sensibles para las compañías mineras que deciden explorar y operar en un país. Esta tiene relación con toda la política fiscal referente a las tarifas de aplicación y obtención de derechos mineros, pero además considera la existencia de royalties que se aplican a los recursos no renovables, las tasas de impuesto sobre la renta, formas de compensación a los propietarios de la tierra, costo de rehabilitación y renta anual aplicable a los titulares de derechos mineros, entre otros.

Los royalties o regalías consisten generalmente en ingresos muy importantes para los países, donde algunos países concentran en el gobierno central la administración de estos recursos, mientras que otras jurisdicciones lo distribuyen con los gobiernos provinciales o gobiernos locales.

Ni las tasas ni los métodos de cálculo de las regalías son uniformes. La tasa de regalía con respecto al mineral de cobre extraído por el concesionario o agente puede variar significativamente de un país a otro.

6.7. Negocios y Acuerdos de Riesgo Compartido (*Joint Venture*)

Hay compañías mineras que descartan desarrollar exploración *grassroots* por si solos y basan su desarrollo a partir de asociaciones con otras empresas. Es por esto que vale la pena profundizar sobre algunos conceptos claves en este ámbito.

Los acuerdos tipo *Joint Venture* pueden ser una forma útil para que las empresas mineras obtengan exposición, prueben y, en última instancia, desarrollen lo que pueden considerarse activos secundarios o proyectos de exploración de baja prioridad de otras empresas mineras. Este punto es especialmente relevante para el desarrollo de las compañías *juniors*.

El fundamento básico del acuerdo es la concesión condicional de una participación en la propiedad del proyecto de la empresa minera principal, sujeto a que la parte de participación cumpla con ciertos compromisos de gastos durante un período de tiempo acordado. En la práctica, una forma en que la empresa minera principal puede transferir la obligación de mantener las propiedades mineras al día, mientras que al mismo tiempo se mantiene un interés en el proyecto y exposición a cualquier éxito de exploración.

Dependiendo de la naturaleza del activo o del proyecto, las partes interesadas en participar y construir su cartera de activos pueden ofrecer proyectos atractivos y compromisos de gastos mínimos.

Esta estrategia es muy utilizada por todas las compañías, pues pueden acceder a activos con una gran cantidad de datos, disminuyendo la incertidumbre y acercándose más aún hacia un descubrimiento económico.

6.8. Uso de Tecnologías y Desarrollo de Conocimientos Geocientíficos

A pesar de que existe una visión generalizada de que se innova poco en la minería, la exploración minera podría considerarse como una excepción. Desde inicios de siglo se reconocen tremendos avances que se encuentran estrechamente ligados a la Cuarta Revolución Industria, con las herramientas computacionales a la vanguardia, además de sendos desarrollos geofísicos y geoquímicos.

La exploración minera en el contexto moderno ha dado lugar a numerosos enfoques innovadores y nuevas técnicas. Se pueden encontrar ejemplos de innovación en todos los aspectos de la exploración en el mundo.

La innovación prospera a través del acceso a investigadores universitarios de calidad, geociencia pública generada por los servicios geológicos nacionales y otras organizaciones sin fines de lucro, además de grupos de investigación ligados de una u otra manera a la industria minera.

El círculo virtuoso compuesto por las compañías, las asociaciones y las universidades, a través de sus investigadores, han demostrado ser una excelente forma de canalizar los esfuerzos de innovación.

Los complejos sistemas necesarios para ejecutar los programas de exploración ofrecen un excelente escenario para innovar. La frontera actual de la innovación se encuentra a la vanguardia del análisis de datos (*data mining*), incluyendo el aprendizaje automático (*machine learning*) y la inteligencia artificial (A.I.). Por lo general, se piensa en su valor como una ganancia asociada al

alcanzar un descubrimiento, sin embargo, las operaciones más sostenibles y responsables socialmente también crean valor para las comunidades y la sociedad.

Asociaciones como AMIRA en Australia o CASERM en Estados Unidos ofrecen una buena forma de financiar investigaciones científicas que permitan dar nuevas luces sobre la formación de los depósitos minerales, conocimientos que usualmente quedan restringidos por algún tiempo solo a las compañías patrocinadoras de tales estudios, dándoles ventajas comparativas frente al resto de las empresas.

Ciertamente existen varias formas de obtener ventajas comparativas frente a los competidores en exploración minera, sin embargo, hay dos principales: un equipo humano altamente calificado y el uso de última tecnología que no esté masificada en la industria. Sin embargo, este último punto requiere de elevadas inversiones, por lo que no todas las compañías podrían financiar un desarrollo tecnológico, que además podría tardar una buena cantidad de años para usarse en los proyectos.

7. RESULTADOS DE LA EXPLORACIÓN MINERA EN LATINOAMÉRICA

La última década ha sido el periodo muy complejo para la exploración minera, pues la tasa de nuevos descubrimientos relevantes de depósitos de cobre ha caído drásticamente, esto a pesar de los cuantiosos recursos que se destinan año tras año. Este fenómeno no solo se observa en América Latina, sino que sucede a escala global, donde solo se pueden consignar públicamente dos descubrimientos relevantes desde el año 2018 a la fecha.

Los motivos que podrían estar ocasionando esta crisis todavía no son del todo claros, aunque hay artículos de prensa especializada que reportan una crisis de todo el modelo de exploración que aplican las compañías (S&P Global, 2022), incorporando elementos asociados a la variación de presupuestos anuales, diseños estratégicos, aspectos corporativos, distribución de esfuerzos *brownfield* versus *greenfield*, entre otros aspectos.

La situación no deja de ser preocupante, pues se espera que la demanda de cobre se incremente sustancialmente en los próximos años, a partir de la transición energética necesaria para la descarbonización (Henckens & Worrell, 2020). Sin embargo, las compañías no están siendo capaces de responder a esas perspectivas con nuevos descubrimientos de calidad, que permitan soportar una cartera de proyectos a largo plazo. Esto se puede observar claramente en la figura 4, donde el contenido de cobre fino descubierto por año ha caído dramáticamente en la última década, mientras que los presupuestos de exploración han aumentado sustancialmente, sobre todo durante el boom de los precios a inicios de la década pasada.



Figura 4. Descubrimientos de cobre y presupuesto global de exploración de cobre entre 1990 y 2021 (datos de Standard & Poor's).

A partir del 2011, los descubrimientos sobre 5 millones de toneladas de cobre fino corresponden a casos extraordinarios, siendo Kamo-Kalula el mayor descubrimiento de la década (tabla 1).

Kamo-Kalula es un depósito ubicado en África, hospedado en un metalotecto caracterizado por depósitos de cobre sedimentarios que históricamente se consideraron como depósitos de alta ley, pero pequeños en sus dimensiones. A pesar de todos los esfuerzos que se hacen para descubrir sistemas porfídicos, Kamo-Kakula se posiciona como un depósito equivalente en contenido de cobre a los gigantes sistemas porfídicos de cobre, siendo en base a los registros públicos de S&P Global, el mayor descubrimiento de contenido de cobre fino de la década.

Descubrimiento	Año	Empresa descubridora	País	Cu Contenido (Mt)
Kamo-Kakula	2014	Ivanhoe Mines	Rep. Democrática del Congo	18.9
Llurimagua	2015	Codelco/Enami (Ec)	Ecuador	16.9
Timok	2011	Freeport/Reservoir Minerals	Serbia	15.5
Onto (Hu'u)	2013	Vale / Aneka Tambang	Indonesia	15
Cascabel	2013	SolGold / Corner Stone	Ecuador	12.3

Tabla 1. Depósitos de cobre sobre 10 Mt Cu fino descubiertos en el mundo desde 2011 a la fecha (datos de Standard & Poor's hasta 2021).

Los otros cuatro descubrimientos si corresponden a depósitos de cobre tipo pórfido, dos de ellos ubicados en América Latina, específicamente en Ecuador. Este último país se posiciona como un actor relevante en la exploración de pórfidos a nivel global, apoyado también por el notable crecimiento de nuevos cuerpos minerales en Llurimagua (S&P Global, 2019).

Estos resultados generaron que durante la última década se equiparara la cantidad de cobre fino contenido en los nuevos descubrimientos de las regiones de Asia-Pacífico, África y Latinoamérica, sin embargo estas nuevas tendencias no han logrado modificar el panorama histórico de descubrimientos, donde América Latina sigue concentrando la mayor cantidad de cobre contenido descubierto desde 1990 a la actualidad (figura 5), razón por la cual se sigue manteniendo como una región atractiva para la exploración de nuevos recursos mineros.

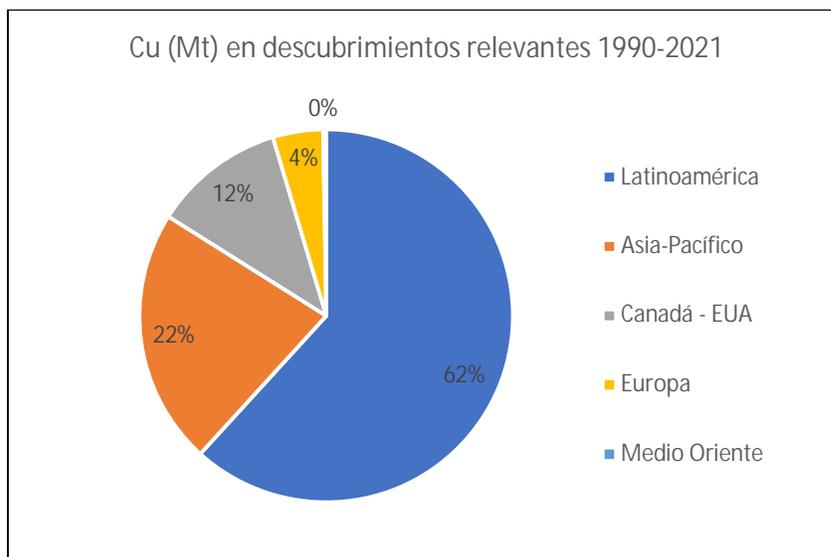


Figura 5. Proporción de descubrimientos por región entre 1990 y 2021 (datos de Standard & Poor's).

Si bien los resultados de Latinoamérica no son tan distintos a los globales, vale la pena observar con mayor detalle lo que sucede en esta región, sobre todo en lo que respecta al grupo de empresas objeto de este estudio.

Históricamente los presupuestos de exploración han estado fuertemente influenciados por el precio de los commodities y esta última década no ha sido la excepción. Según datos reportados por Standard & Poor's, las partidas presupuestarias obtuvieron su nivel más alto el año 2012, luego del boom de precios del año anterior. En este año se alcanzaron casi 744 millones de dólares invertidos en Latinoamérica, mientras que cuatro años más tarde, el 2016, el presupuesto se había reducido a algo menos que 380 millones de dólares (figura 6).

En este periodo destaca la variación que sufre Chile durante el ciclo recesivo culminado el 2016, mientras que Argentina sufre una constante merma en los presupuestos a partir del 2012, quedando muy rezagado en comparación con otros países. También es destacable lo que sucede con Ecuador, que aumenta paulatinamente su participación a partir del 2016, luego del descubrimiento de nuevos recursos de cobre asociado pórfidos. También cabe nombrar a Perú, que sufre una leve reducción de los gastos de exploración a partir del 2014.

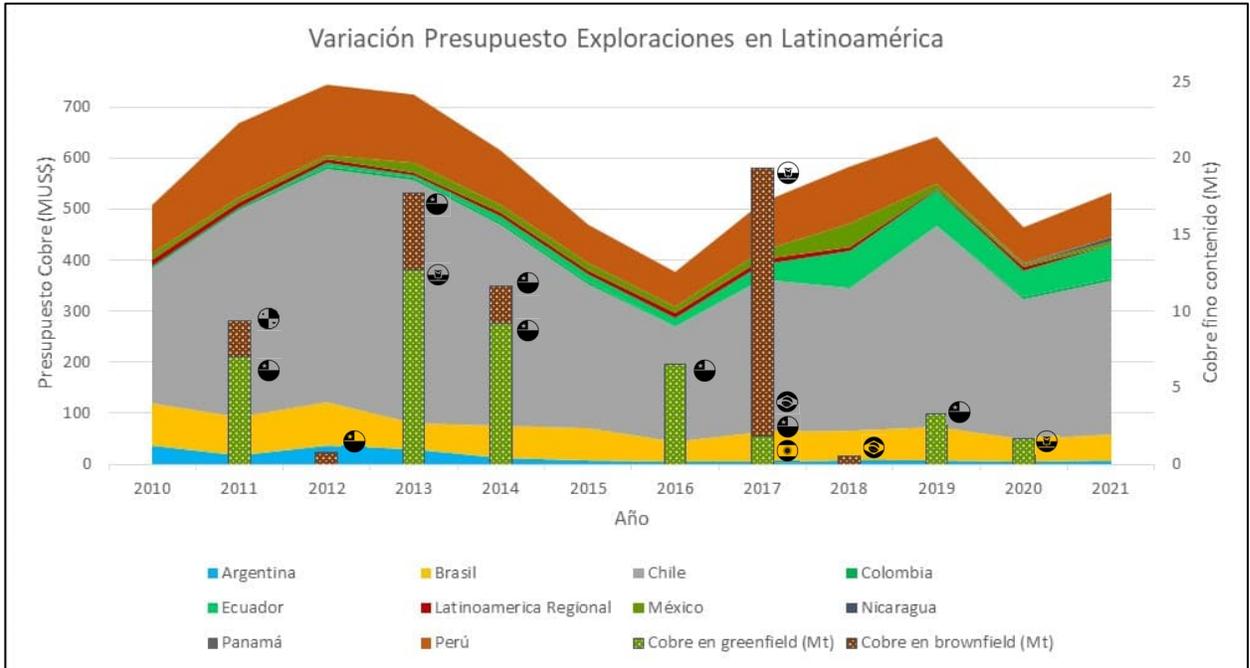


Figura 6. Gráfico con variación de presupuestos de exploraciones en Latinoamérica y descubrimientos representados por la bandera de cada país (datos de Standard & Poor's).

La mayoría de los descubrimientos relevantes ocurren en Chile, sobre todo en el ambiente *brownfield*. Sin embargo, en *greenfield* destacan los depósitos de Ecuador, donde se reporta la aparición de los depósitos gigantes antes nombrados. Destaca la ausencia de nuevos descubrimientos en Perú, segundo país receptor de dineros asignados a exploración de depósitos de cobre.

Durante este periodo Codelco es una de las empresas que reportan más resultados, especialmente a través de sus actividades de exploración en el entorno de sus operaciones. Destacan el descubrimiento de Cerro Negro (7 Mt cobre fino) ubicado en el entorno de Rio Blanco y La Huifa (2,4 Mt cobre fino) cercano a El Teniente en Chile. Adicionalmente se registra un importante aumento de los recursos mineros del Proyecto Llurimagua en Ecuador, así como también otros descubrimientos provenientes del *brownfield* de sus minas en Chile: Copa Sur, RT Norte o Este Profundo por nombrar a algunos (Codelco, 2018), que, si bien corresponden a cuerpos menores, estos son relevantes para los planes a futuro de las divisiones donde se alojan. Recientemente se confirmó la existencia de cuerpos mineralizados de baja ley en el sector denominado Zeus en el *brownfield* de la División Gabriela Mistral (Sprohnle y Pichott, 2022).

AngloAmerican destaca en este periodo por realizar el descubrimiento de un pórfido cuprífero en la región de Alta Floresta, en el Estado brasileño de Mato Grosso, zona donde no existían reportes de ese tipo de yacimientos. Si bien no existe comunicación oficial por parte de la empresa, son varios los portales de noticias que citan a ejecutivos de AngloAmerican en Brasil (Fernandes, 2018), quienes confirman campañas de sondajes promisorias en esta zona.

En una década marcada por la puesta en marcha de sus descubrimientos en el Distrito Centinela, Antofagasta Minerals exhibe una serie de hallazgos en Chile. En 2013 se registra el descubrimiento de algunos depósitos alojados en el *brownfield* de Centinela, denominados Mirador, Polo Sur y Penacho Blanco (Giglio, 2022). mientras que el siguiente año se anuncia el descubrimiento de Los Volcanes, compuesto por una serie de cuerpos porfídicos mineralizados cercano a la Mina El Abra.

El año 2022 AMSA publica la existencia de dos depósitos descubiertos en sus campañas del 2016: El Encierro (3,4 Mt de cobre fino) es un depósito tipo pórfido cuprífero bajo un potente litocapa de edad miocena (AMSA, 2022), el mismo que alberga el depósito Valeriano descubierto por Hochschild un par de años antes. En cuanto a Cachorro, este se ubica en las cercanías de la mina Mantos Blancos y posee un recurso de 1,9 Mt cobre fino, estando estratégicamente localizado entre dos núcleos mineros que la empresa posee en la Región de Antofagasta.

Los otros descubrimientos corresponden a trabajos realizados por compañías junior que no han sido incluidas en este estudio, tales como Cortadera de Hot Chili, Marimaca de Coro Mining, Valeriano de Hochschild en Chile; Balboa de Inmet en Panamá; Cascabel y Porvenir de SolGold en Ecuador y la aparición de nuevos recursos en Filo del Sol de Filo Mining en Argentina (S&P Global, 2022).

Eventualmente podrían existir nuevos descubrimientos, sin embargo, estos no han sido publicados por las compañías responsables de esos trabajos, por lo que al ser información restringida no pueden ser incluidos en este análisis. También podría darse que los últimos años estén subrepresentados, dado que la información sobre descubrimientos recientes aún no se ha hecho pública.

8. ASIGNACIÓN DE PRESUPUESTO Y SUS EFECTOS

Los presupuestos son de vital importancia para poder concretar los programas de exploración que las empresas han diseñado en base a la estrategia diseñada en etapas previas.

Existen compañías que ven al Departamento de Exploraciones como un centro de costos más, quitándole ese enfoque estratégico, entonces el financiamiento es más bien a discreción, casi como se manejan los presupuestos de investigación, es decir, se pueden activar y desactivar dependiendo del ciclo de precios del cobre. Esta visión ha ocasionado mucha destrucción de valor por parte de las compañías, no siendo del todo consciente del efecto que esto conlleva (BCG, 2015).

Si bien no existe receta, lo cierto es que la inversión en exploración debe estar correctamente distribuida en el portafolio de proyectos, buscando maximizar los resultados, pero también equilibrar el abanico de proyectos en etapa de exploración básica, exploración avanzada & factibilidad y finalmente exploración en el entorno mina.

Los frecuentes cambios relevantes que ocurren en los gastos de exploración dañan el desarrollo de talentos dentro de la industria, repercutiendo en los escasos resultados positivos que reporta la exploración durante el último periodo.

Vale la pena comentar que este análisis se basa sólo en el grupo de compañías objeto de este estudio y particularmente en sus asignaciones al cobre, por lo que los datos podrían variar en comparación a la totalidad de compañías activas en la región. La información proviene de la agencia Standard & Poor's (*S&P Global Intelligence*), quienes recolectan la información pública reportada por las compañías, pero también toman supuestos ante alguna información faltante, sobre todo en la asignación de presupuestos a las fases de exploración, pudiendo existir discrepancias con los montos de presupuestos que manejan las propias empresas. Más allá de esto, los datos son de carácter público y en general son aceptados por la industria como información suficientemente confiable para ser analizada.

8.1. Presupuestos por etapa

Como era de esperar, los presupuestos asociados a exploración básica (*greenfield*) han sufrido variaciones relevantes durante la década, ligados a los continuos vaivenes del precio de los commodities y la economía global (figura 7). Para este periodo, estas asignaciones muestran una desviación estándar de US\$ 34 millones, con un máximo de US\$ 275 millones en el año 2013 y US\$ 166 millones el año 2016. A pesar de estas diferencias, la proporción entre los países no ha cambiado significativamente en estos años.

Si bien los presupuestos para Exploración Básica son los que más se ven afectados por las oscilaciones del mercado, es posible reconocer influencias asociadas por cambios en las políticas impositivas de los países, incrementos del patrimonio geológico-minero de una región, disrupciones políticas, sociales y/o terroristas.

La Exploración Básica se desarrolla a través de programas de largo aliento, pues requiere de procesos que sin la debida paciencia no alcanzan su madurez técnica y resultan en conclusiones apresuradas y en su mayoría erradas. De ahí la importancia de sostener económicamente trabajos de generación de proyectos por un periodo superior a un año, dando la estabilidad necesaria para gestionar los servicios necesarios y mantener al personal técnico idóneo para liderar los procesos y aguardar los resultados de los trabajos el tiempo necesario para desarrollar buenas discusiones y conclusiones.

Las compañías mineras principales están desarrollando menos Exploración Básica por muchas razones, entre las que se encuentran la percepción de que son actividades de alto riesgo y las chances de éxito son limitadas, así como también existe la percepción de que podrán comprar de forma simple nuevos depósitos desarrollados por empresas juniors (Sillitoe, 2010)

En cuanto a la evolución en los distintos países y sus presupuestos durante la última década, cabe destacar el paulatino aumento de actividades en Ecuador, país que ha demostrado su potencial

minero a partir de los recientes descubrimientos de nuevos recursos en Lurimagua, sumado al descubrimiento de Cascabel y en los últimos años de Porvenir. El cambio es sustancial, pues hace una década este país no aparecía dentro de las actividades formales de las empresas, mientras que el 2021 logró atraer el 20% de la inversión de Exploración Básica en Latinoamérica, transformándose en un emergente país minero.

En esta materia Chile, Argentina y en menor medida México han experimentado una pérdida en la representación de los recursos asignados a la región, siendo la industria chilena la que ha visto más mermada su actividad. Mientras que el 2011 el 55% de los presupuestos se destinaban a Chile, el 2021 este porcentaje se reduce a un 40%, acelerándose incluso esta merma durante los últimos años. En cuanto a Argentina, la disminución de la actividad se produce inmediatamente al término del Súper ciclo del precio del cobre en el año 2013 y muy ligado a cuestiones políticas, teniendo un leve repunte a partir del año 2018.

Llama la atención la presencia de Nicaragua en este listado de países receptores de presupuestos de Exploración Básica, pues anteriormente no se habían consignado recursos dirigidos directamente a ese país y tan solo el año 2021 se hace presente.

Una distinción separada requiere los últimos dos años, pues el efecto de la pandemia de la Covid-19 acrecentó la crisis en la industria, disminuyendo drásticamente los presupuestos. A pesar de que la pandemia no ha finalizado, la actividad se recuperó durante el 2021, aumentando los dineros destinados a esto. Un análisis más acabado sobre este punto será realizado en el capítulo 10.

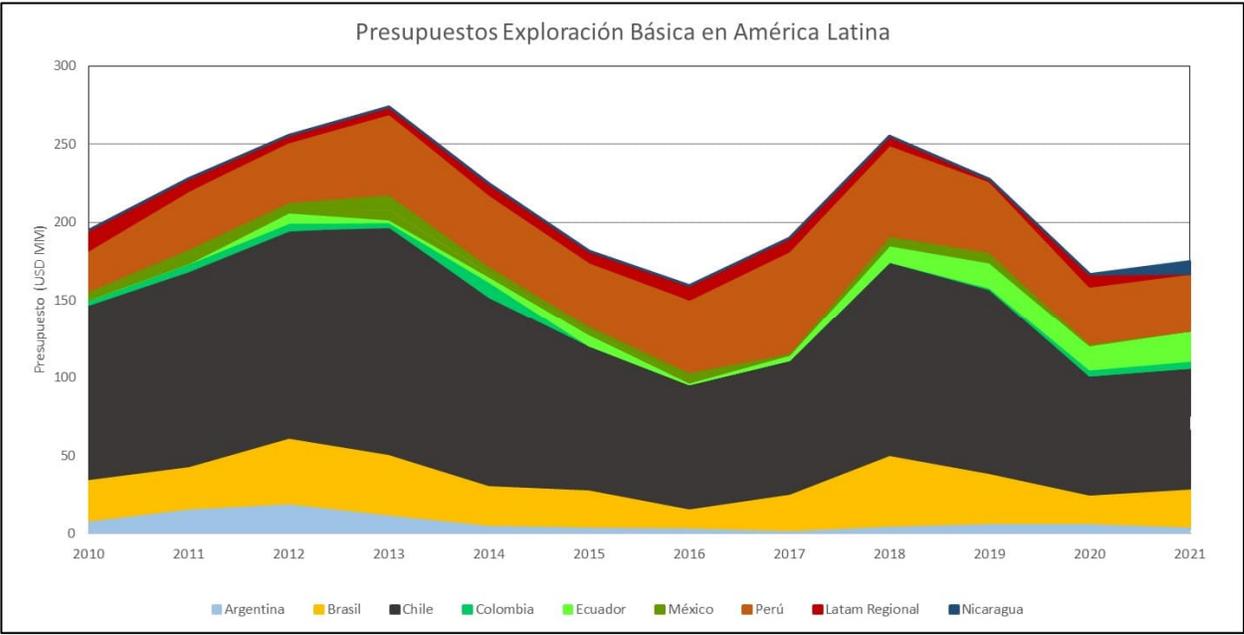


Figura 7. Variación anual de presupuestos de exploración básica en América Latina para el grupo de empresas estudiadas.

Algo distinto se observa en los presupuestos destinados a etapas de Exploración Avanzada & Factibilidad, donde el número de países receptores de presupuestos disminuye y las tendencias son distintas a la Exploración Básica (figura 8). En este caso la desviación estándar del periodo alcanza los US\$ 43 millones, reflejando una mayor dispersión de asignaciones presupuestarias con relación a la Exploración Básica. El presupuesto más alto alcanzó los US\$ 229 millones durante el año 2018, mientras que el más bajo, fue el año pasado con US\$ 105 millones, mostrando el rápido descenso de la inversión en esta etapa.

Los últimos cuatro años están marcados por una preocupante tendencia a la disminución de los presupuestos destinados a esta etapa. Esto sucede en toda la región, salvo en Perú, que mantiene un robusto portafolio de proyectos en desarrollo y en menor medida Argentina, que registra un ligero repunte en la actividad. Llama la atención lo que sucede en México, Brasil y Ecuador, donde no se registran inversiones asociadas a esta etapa durante el último año. Chile exhibe una fuerte contracción, con una disminución de casi cuatro veces entre el año 2017 y 2021.

Una posible explicación a esta tendencia podría ser el desajuste en la cadena de proyectos dada por la falta de nuevos descubrimientos a partir de la Exploración Básica, sin embargo, esto puede estar influenciado por factores sociales, políticos o incluso pandémicos, como se verá más adelante. Tampoco es posible descartar que las compañías hayan decidido postergar decisiones de inversión en esta etapa, esperando condiciones más estables.

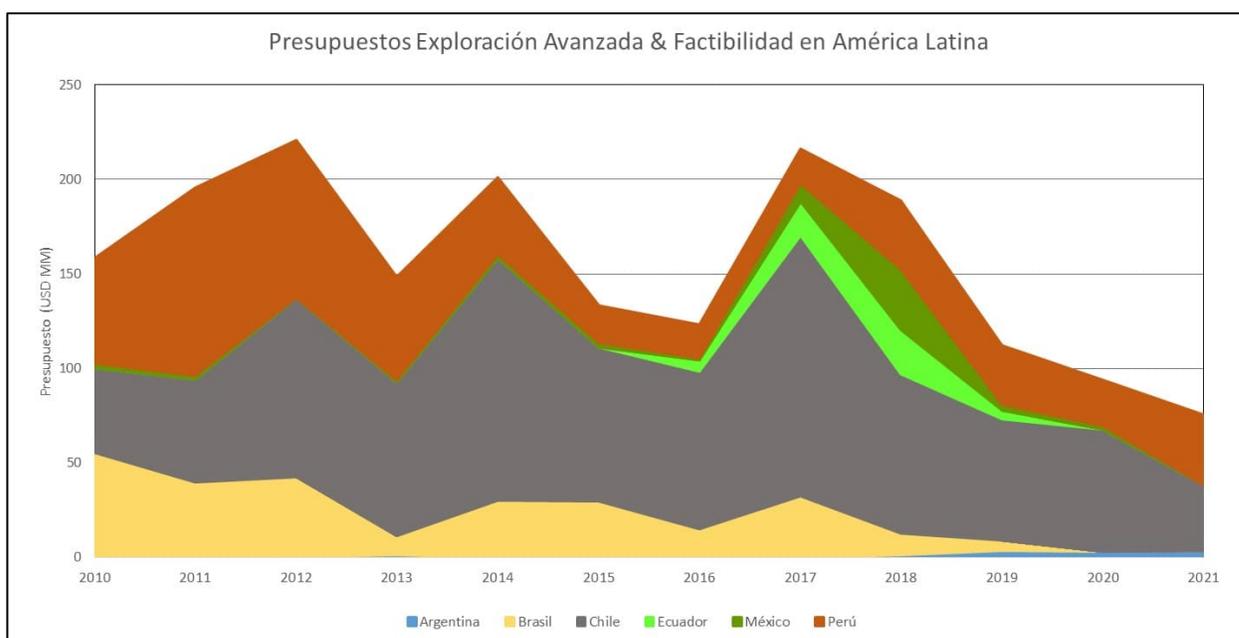


Figura 8. Variación anual de presupuestos asignados a Exploración Avanzada & Factibilidad en América Latina para el grupo de empresas estudiadas.

Sólo cuatro países reportan presupuestos ligados a la Exploración en Entorno Mina (*brownfield*), siendo este campo ampliamente dominado por Chile (figura 9), país que lidera las actividades en todo el periodo analizado, acaparando un 81% de los recursos destinados a América Latina.

Esta hegemonía está fuertemente influenciada por los resultados positivos obtenidos en el ambiente *brownfield* de Chile durante la década pasada, reportando descubrimientos tan impresionantes como Pampa Escondida o Los Sufatos. A 2018 es posible observar que las compañías están concentrando fuertemente sus actividades en el ambiente del entorno a sus minas, disminuyendo paulatinamente la exploración básica. Esto se refleja en el cambio de proporción de gastos, pues mientras el año 2018 el 45% del presupuesto de Chile se destinaba a Exploración Básica, el 2021 fue de tan solo 26%, mientras que en la Exploración del Entorno Mina pasó de ser un 25% en 2018 a un 63% en 2021.

Los montos asociados varían fuertemente entre US\$ 280 millones imputados el año 2013 y \$84 millones tres años después, generando una desviación estándar de US\$ 67 millones, que es bastante más elevada que las fases de Exploración Básica y Exploración Avanzada analizadas anteriormente.

Otros países, como Perú y México se mantienen relativamente estables en el tiempo, mientras que en Brasil se observa una participación más significativa a partir del año 2019.



Figura 9. Variación anual de presupuestos de exploración entorno de mina en América Latina para el grupo de empresas estudiadas.

De todas maneras, la asignación de nuevos recursos para estar fuertemente influenciada por la presencia de resultados alentadores. En una industria en crisis por falta de resultados, las evidencias de la potencial existencia de un depósito relevante será el mejor vehículo para atraer la atención de los directivos de la compañía, sin embargo, para generar esas evidencias es importante mantener presupuestos balanceados y con una mirada en el mediano a largo plazo.

8.2. Presupuestos por empresa

El análisis de cómo se encuentran estructurados y cómo varían los presupuestos de exploración de las empresas a través de los años, puede entregar luces respecto a cambios en la estrategia, así como también podría entregar informaciones respecto a éxitos que estas hayan tenido.

A principios del periodo la exploración de BHP estuvo focalizada en sólo tres países, con un abrumador dominio de Chile, junto con trabajos menores en Perú y Argentina. En Chile los gastos de exploración fueron priorizados hacia el entorno de sus operaciones mineras, con inversiones altísimas entre el año 2011 y 2013 (figura 10). A pesar de lo anterior, se observa que los trabajos de Exploración Básica y Avanzada no fueron descuidadas, siendo también cuantiosos los recursos asignados a esas fases de trabajos.

En el 2013 se identifica la paralización de las actividades formales en Argentina, momento que coincide con una fuerte contracción de los gastos en Chile, para mantener solo la Exploración Básica a niveles relativamente bajos hasta alcanzar su mínimo histórico el 2020, seguido por un leve repunte post-Covid. Otro aspecto relevante es la presencia en Ecuador a partir del 2018, aumentando año tras año los trabajos exploratorios en aquel país.

Cabe consignar que BHP posee presupuestos de exploración muy elevados en comparación con la mayoría de las compañías que explora en Latinoamérica, los que incluso pueden alcanzar una cifra significativa en comparación a otras empresas importantes en el mercado del cobre.

Destaca la existencia de una estructura regional para llevar a cabo actividades en distintos países de Latinoamérica. Esta partida presupuestaria varía notablemente de un año para otro, desapareciendo a partir del 2021.

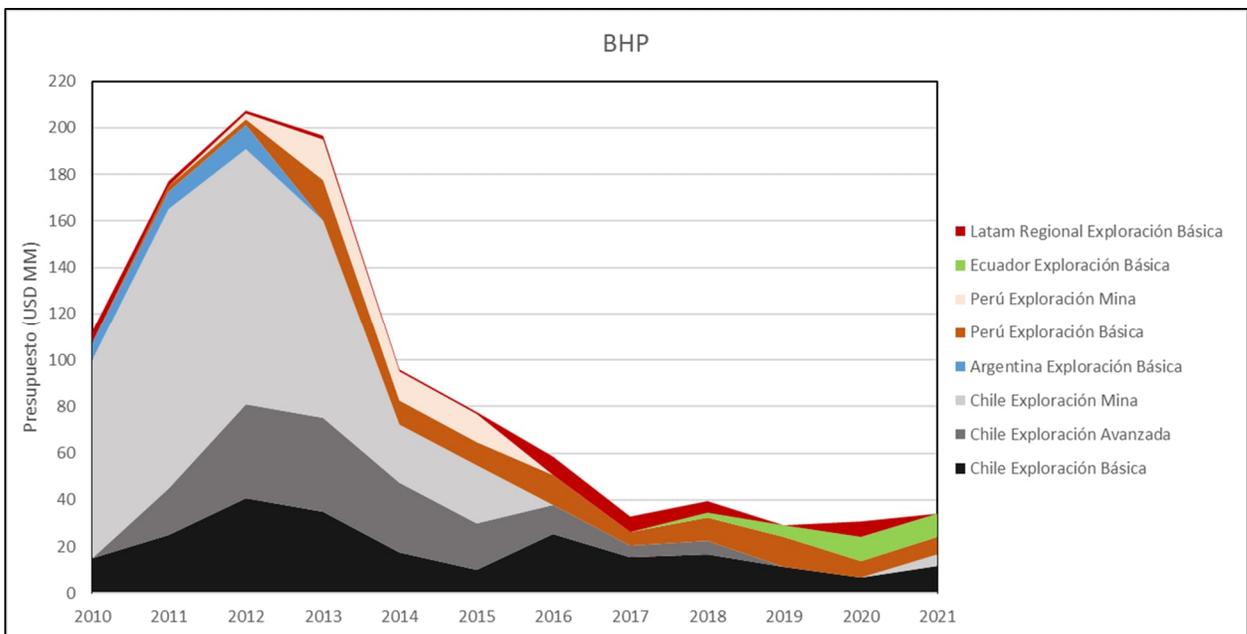


Figura 10. Variación anual de presupuestos de exploración BHP en América Latina.

Un caso muy distinto es el que se observa en los presupuestos de AngloAmerican, quienes antes del año 2015 seguían una tendencia de desinversión en exploraciones, mientras que a partir de ese año inician una fuerte expansión del gasto, que se concentra claramente en la Exploración del Entorno Mina de Chile, aumentando año tras año (figura 11).

Esta compañía es de las pocas empresas que se mantuvo trabajando de forma constante en Argentina durante este periodo, sin embargo, el 2021 no se consignan gastos, suponiendo la paralización de aquellos programas de exploración. De igual forma se observa que mantienen los gastos asociados a la Exploración Básica en Chile relativamente constantes, con un ligero aumento en los últimos años, mientras que en la Exploración Básica de Perú sucede todo lo contrario, pues en el año 2015 ocurre un descenso de los gastos, manteniéndose en esos niveles hasta el año 2021, pero contrarrestada por un aumento de actividad en el *brownfield* de sus depósitos.

En conclusión, el año 2015 fue un año clave para AngloAmerican, pues se observa un claro giro hacia sus actividades asociadas al *brownfield*, concentrando los recursos en los trabajos del entorno a sus operaciones de Chile y proyectos en construcción en Perú, disminuyendo o en el mejor de los casos manteniendo su Exploración Básica en ambos países. Esta situación vuelve a cambiar el 2019, donde se destaca la aparición de gastos de Exploración Básica en Ecuador, Brasil y puntualmente en Colombia.

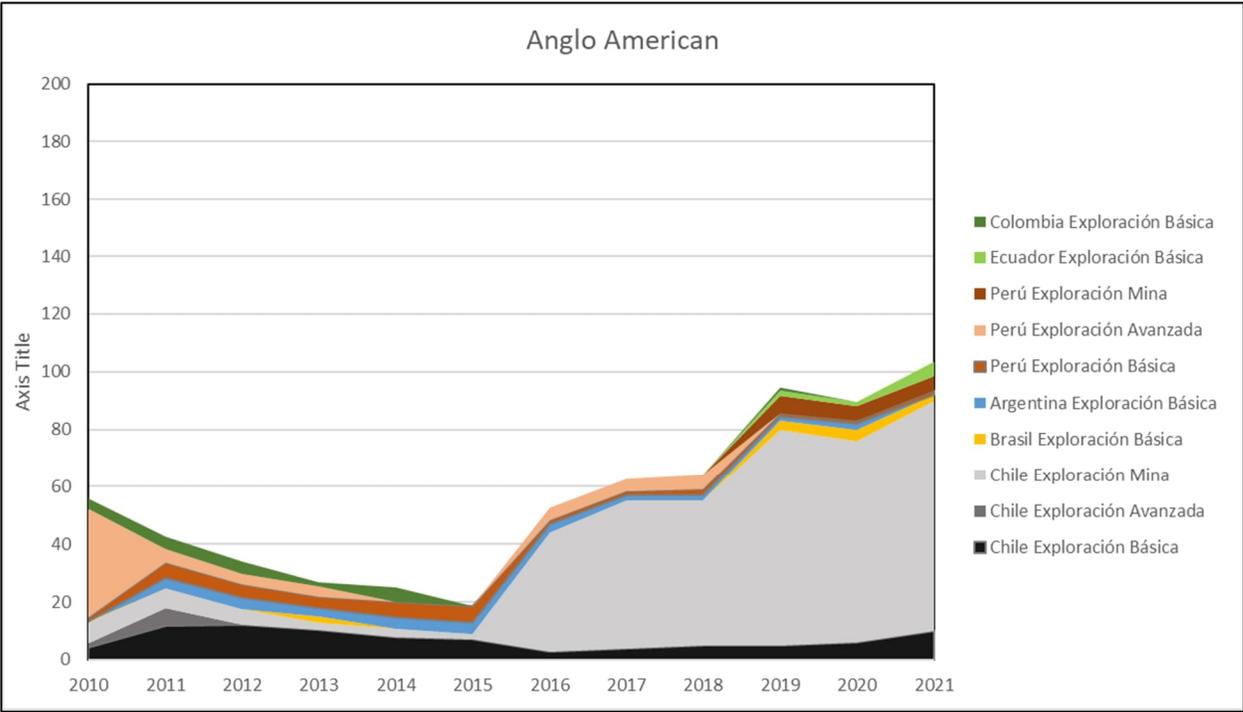


Figura 11. Variación anual de presupuestos de exploración de AngloAmerican en América Latina.

Antofagasta Minerals ha mantenido a Chile como el destino preferido de la inversión de exploración durante este periodo. Esto gracias a la constante ampliación de sus recursos mineros durante la década anterior, especialmente en el Distrito Centinela y en el entorno de la mina Los

Pelambres. Adicionalmente, la empresa reporta dos nuevos descubrimientos en este periodo, permitiéndoles generar una distribución robusta entre los gastos de Exploración Básica, Exploración Básica y Exploración Entorno de Mina (figura 12). Adicionalmente se consignan actividades constantes de Exploración Básica en Perú y puntuales en Brasil y México.

Al igual que otras compañías, Antofagasta Minerals exhibe fuertes oscilaciones en sus presupuestos, sobre todo aquellos ligados a etapas más avanzadas y *brownfield*, manteniendo una base de Exploración Básica cíclica, pero aun así con presupuestos suficientes para generar resultados concretos, que se reflejan en sus constantes hallazgos. Otro hecho relevante es la disminución de sus actividades de exploración durante los últimos dos años.

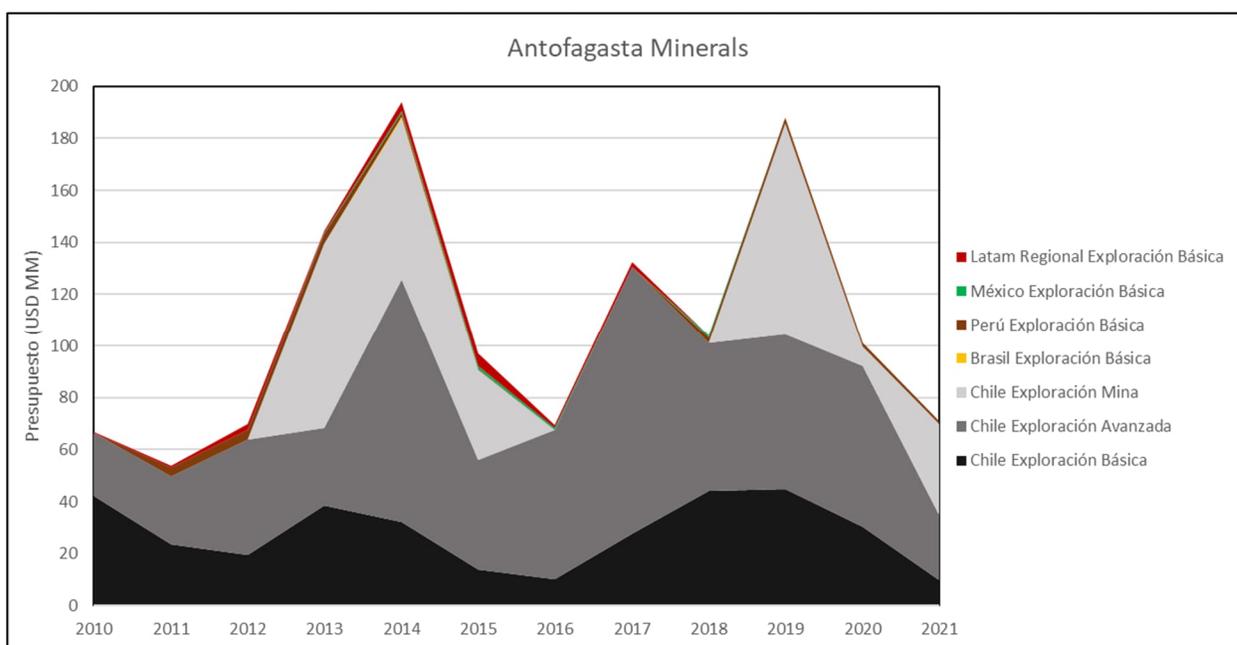


Figura 12. Variación anual de presupuestos de exploración de Antofagasta Minerals en América Latina.

Las actividades de exploración de Codelco se encuentran fuertemente concentradas en Chile, donde la Exploración del Entorno Mina se ha llevado la mayor porción de los recursos destinados a la exploración. En general las partidas presupuestales totales no sufren tanta diferencia de un año para otro, salvo en los años 2016 y 2020, donde los recursos fueron sustancialmente más bajos que los otros años analizados (figura 13). Llama la atención que existan varios años donde no se consignan recursos destinados a la Exploración Avanzada & Factibilidad en Chile.

Codelco además estuvo ejecutando trabajos importantes en Brasil, pero por sobre todo destacan los de Ecuador, donde se desarrollaron importantes actividades asociadas al Proyecto Llurimagua, que vio incrementados sus recursos mineros entre 2017 y 2019.

Los conflictos legales con Enami Ecuador (Codelco, 2021) provocaron una fuerte disminución de los trabajos exploratorios en el proyecto, lo que se ve reflejado en la ausencia de inversiones destinados a la Exploración Avanzada en Ecuador durante 2020 y 2021.

Durante el Foro de Exploraciones de la Conferencia Cesco Week Santiago 2022, el Vicepresidente de Recursos Mineros y Desarrollo de Codelco confirmó que la compañía se encontraba desarrollando un proceso de cierre de sus actividades en Brasil, culminando más de una década de Exploración Básica en aquel país. Adicionalmente se comunicó que los esfuerzos de exploración están concentrados en Chile y en particular en el *brownfield*, destinando un 85% de los recursos del país a esa actividad durante el año 2021 (Vergara, 2022).

Destaca la presencia de recursos orientados a la Exploración Básica regional en Latinoamérica, sin especificar a qué país corresponde. Esas actividades concluyen el 2016, sin embargo, aparecen solo de forma puntual el 2018.

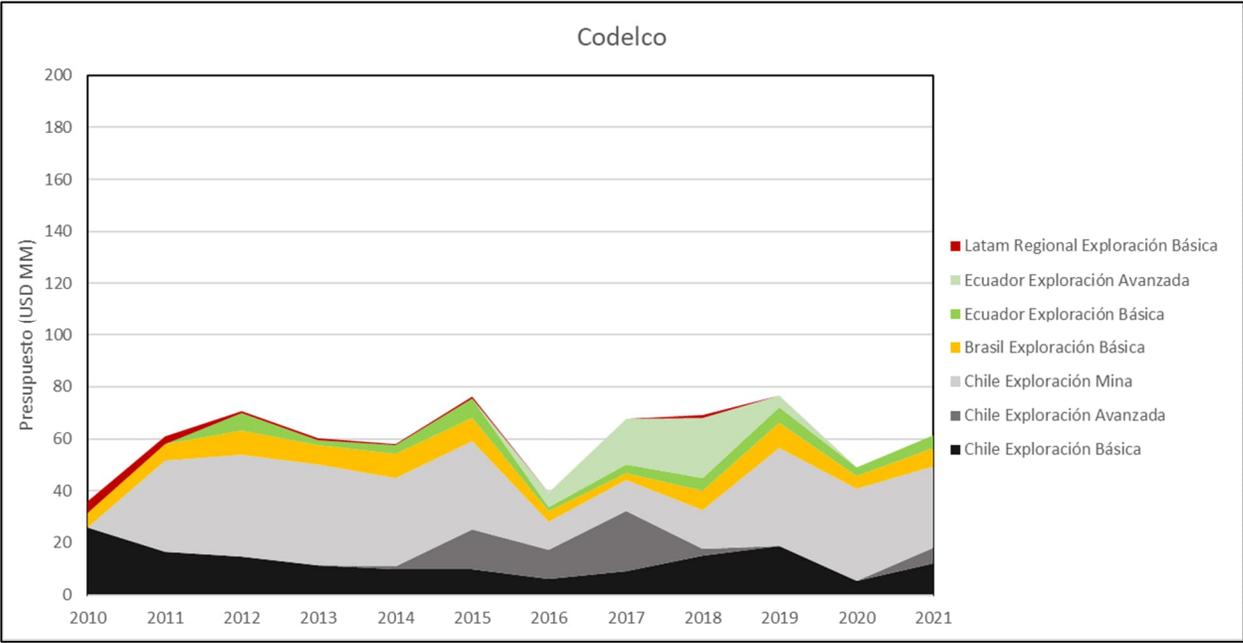


Figura 13. Variación anual de presupuestos de exploración Codelco en América Latina.

De todas las empresas analizadas, First Quantum Minerals es la que menos destina recursos a la exploración de cobre en Latinoamérica. Aún con esta condicionante, sus trabajos se encuentran bastante diversificados entre Chile, Argentina, Perú y en menor medida Panamá. Países como México y Ecuador fueron objeto en el pasado de programas de Exploración Básica de escasa duración. Al igual que otras empresas, el 2015 corresponde a un año en el cual los trabajos se diversifican, pero también sufren una notable disminución de recursos financieros disponibles. La aparición de gastos destinados a Exploración Avanzada podría estar reflejando la existencia de resultados positivos en sus programas de Exploración Básica.

A partir del 2017 destaca el inicio de trabajos en Argentina (figura 14), siendo una de las pocas empresas que ejecuta trabajos de Exploración Básica y por sobre todo Exploración Avanzada en aquel país.

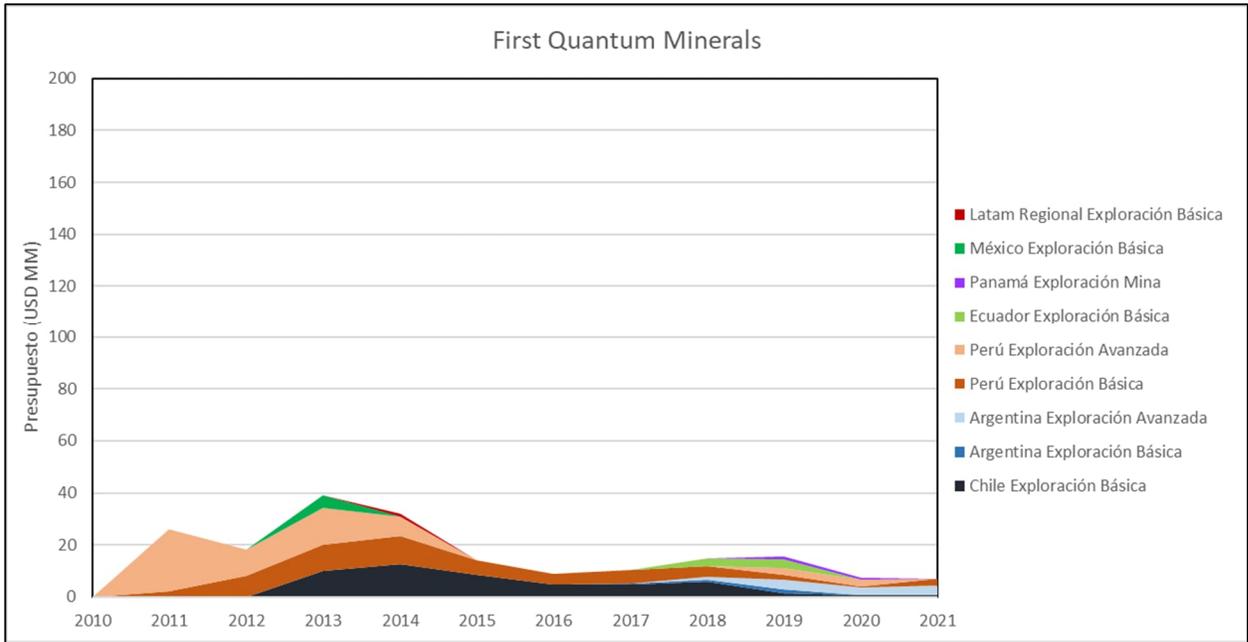


Figura 14. Variación anual de presupuestos de exploración de FMQ en América Latina.

Las actividades de Freeport-McMoran han sufrido variaciones importantes durante la última década en América Latina, donde se destaca un significativo quiebre el año 2015, momento que representa el término de una fuerte apuesta por la Exploración del Entorno Mina en Chile y Perú (figura 15).

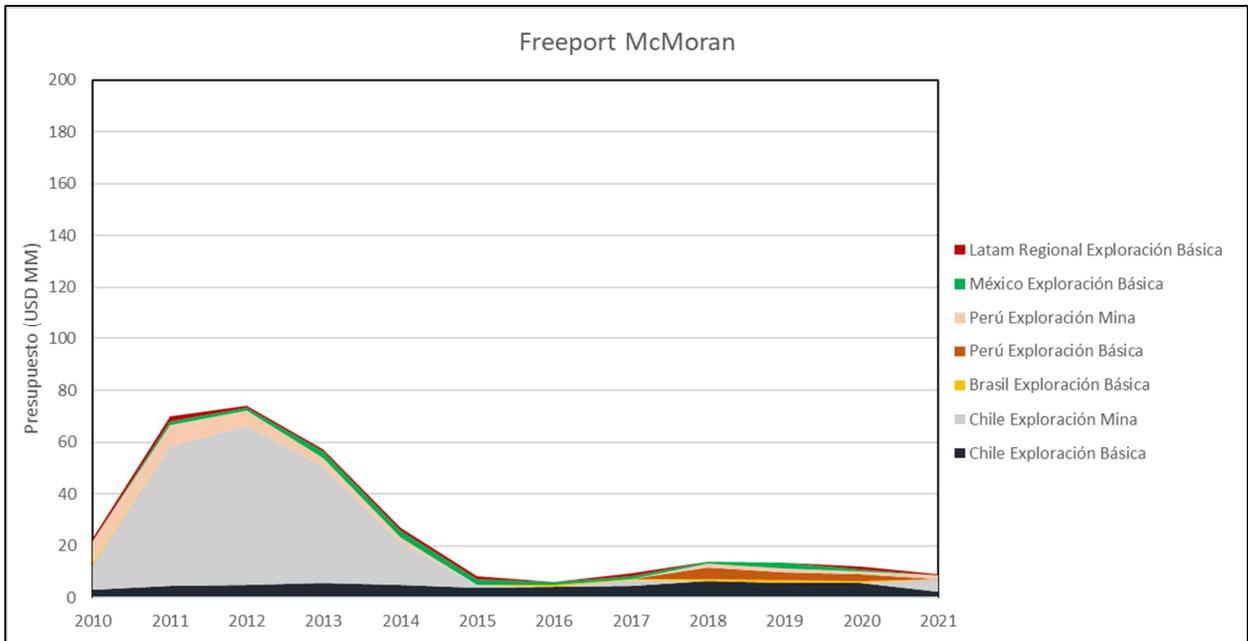


Figura 15. Variación anual de presupuestos de exploración de Freeport McMoran en América Latina.

Luego de ese año, destaca la aparición exigua de la Exploración Básica en Brasil, además del inicio de la Exploración Básica en Perú a partir del año 2018, pero culminando tan solo tres años

después. Las actividades en México han sido escasas, pero constantes, aunque el último año tampoco se consignan gastos asociados a ese país.

Llama la atención que Chile se ha mantenido con gastos relativamente constantes en su Exploración Básica, sin embargo, esta sufre una disminución el año 2021, fortaleciendo la Exploración Entorno Mina.

Para realizar un correcto análisis sobre la variación de los presupuestos de exploración de Glencore durante el periodo, se han incluido los gastos de exploración realizados por Xtrata entre 2010 y 2013, año en el cual Glencore se fusiona con Xtrata, cambiando por completo la estrategia de la compañía.

Hasta antes de la fusión, Xtrata mantenía una postura fuerte hacia la exploración en Chile, Argentina y Perú, con recursos destinados a etapas de Exploración Básica, Avanzada y en menor medida al Entorno de Mina (figura 16). Sin embargo, luego de la fusión todo cambio, pues se eliminaron los robustos equipos de exploración básica que Xtrata había formado, manteniendo solo los activos mineros con una fase de estudio mínimo de su *brownfield*.

En este caso, se observa el cambio en la dirección que provocó la fusión, donde Glencore aplicó un modelo comercial a una firma minera, eliminando los gastos que consideraban innecesarios, como lo fueron los ligados a la exploración, sobre todo a la Exploración Básica.

Durante los últimos cuatro años se consignan gastos mínimos en la Exploración Mina de Chile y en menor medida Perú.

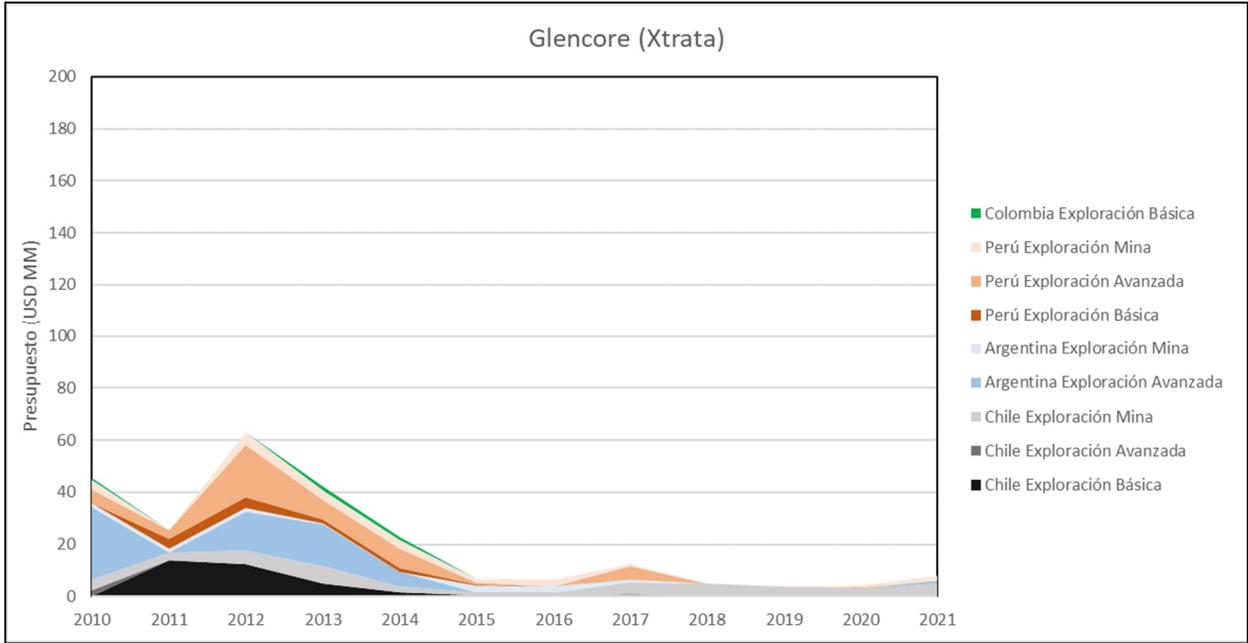


Figura 16. Variación anual de presupuestos de exploración de Glencore (2014-2021) y Xtrata (2010-2013) en América Latina.

Rio Tinto ejecuta actividades en múltiples países del continente. A partir del 2011 sus actividades se han mantenido fluctuantes, sobre todo en la distribución de esos gastos en los distintas etapas y países. Es interesante notar el aumento en los gastos de Exploración Básica en Perú a partir del 2015, que alcanzó un máximo el 2017 de tres veces el monto asignado el 2015, para luego decaer a un mínimo el 2019 (figura 17).

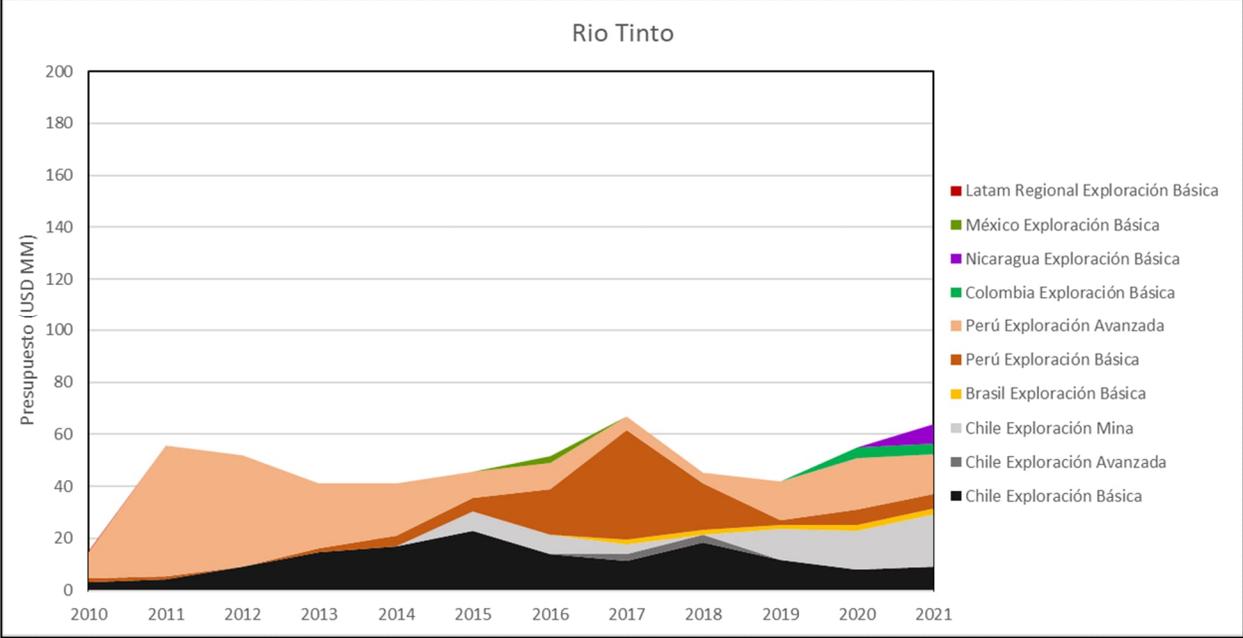


Figura 17. Variación anual de presupuestos de exploración de Rio Tinto en América Latina.

Se reconocen algunos trabajos puntuales en México el 2016, llamando la atención el comienzo de actividades de Exploración Básica en Ecuador el 2020 y Nicaragua el 2021, siendo la única empresa que reporta actividad en aquel país. Durante el 2017 se inician actividades de Exploración Básica en Brasil, manteniéndose en niveles mínimos hasta la actualidad. El año 2018 comienza a producirse un aumento en el gasto de Exploración Entorno Mina en Chile, en detrimento de sus actividades de Exploración Básica en aquel país.

Southern Copper, empresa perteneciente al Grupo México, posee una importante actividad de exploración en su país de origen, donde ejecuta trabajos tanto de Exploración Básica como de Exploración Avanzada y Exploración Mina. A pesar de este predominio, la empresa se encuentra bastante diversificada, manteniendo actividades relativamente constantes durante este periodo en Chile, Perú, Argentina y Ecuador (figura 18).

La mayoría de los recursos se destinan a Perú, pues en ese país es líder en la producción de cobre. A pesar de sus operaciones mineras de clase mundial Cuajone y Toquepala, además del excepcional proyecto Tía Maria, los presupuestos se encuentran bien balanceados entre Exploración Básica y Exploración Mina, reduciendo esta última desde el 2019 a la fecha.

Durante el año 2018 se alcanza un máximo de recursos destinados a sus actividades, sin embargo, existe una fuerte reducción el 2019, la cual se acrecienta el 2020, donde prácticamente se dejaron de ejecutar trabajos de Exploración Avanzada en Perú. Finalmente, el 2021 las actividades se incrementan casi en todas sus etapas, pero sobre todo en las actividades relacionadas a la Exploración Avanzada en Perú.

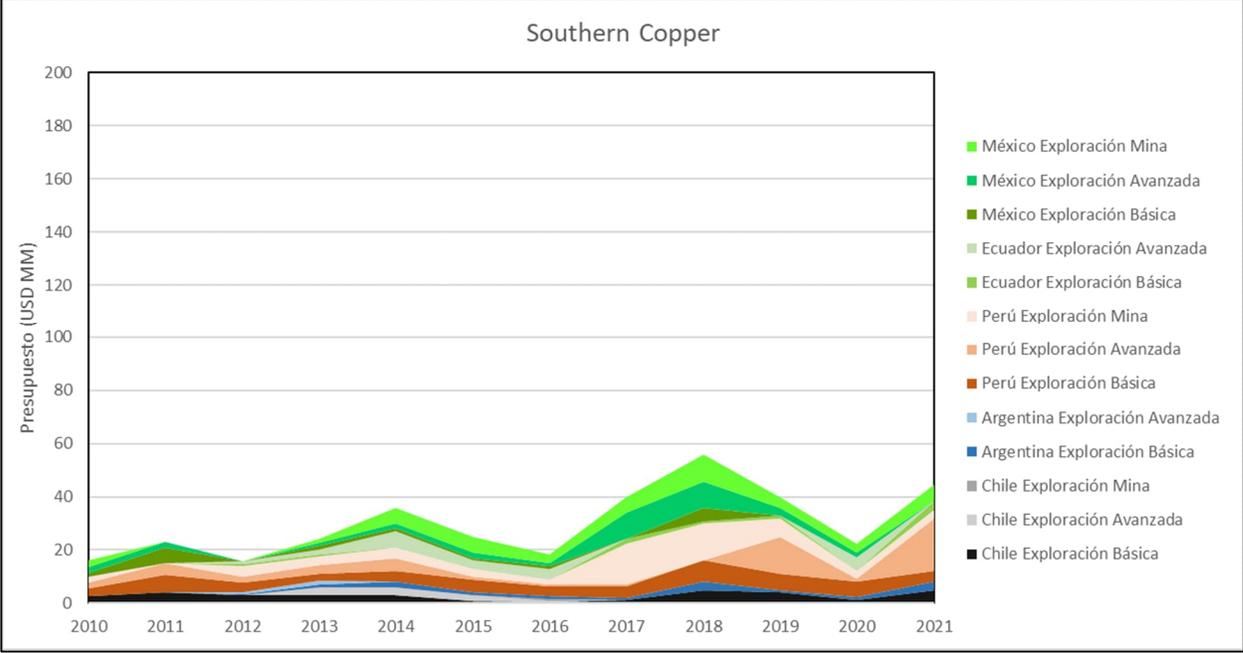


Figura 18. Variación anual de presupuestos de exploración de Southern Copper en América Latina.

La empresa canadiense Teck Resources ha mantenido durante este periodo sus presupuestos con una ligera tendencia a la baja, aunque con una singular anomalía el año 2018, donde se produce un explosivo y puntual aumento de los gastos de Exploración Avanzada en Chile, Perú y México (figura 19). Esta situación es corregida el siguiente año, reduciendo su presupuesto para la región en más de 400%.

En el caso de Chile, se constata una reducción paulatina de gastos asociados a la Exploración Básica, sin embargo, los gastos de Exploración Avanzada se han mantenido relativamente parejos. Durante el último tiempo es notable el aumento en los gastos de Exploración Mina, marcando una preferencia por el *brownfield* de sus operaciones mineras en el país.

En cuanto a Colombia y Brasil, se destacan programas puntuales de Exploración Básica ejecutados en la primera mitad del periodo estudiado, siendo descontinuados el año 2015.

La compañía Vale muestra un marcado descenso de sus presupuestos asignados a América Latina hasta el año 2016, año en el cual se produce un fuerte descenso de los recursos asignados, que impactaron principalmente las actividades de Exploración Avanzada & Factibilidad en Brasil. Este descenso se repite el 2020, aunque en menor proporción.

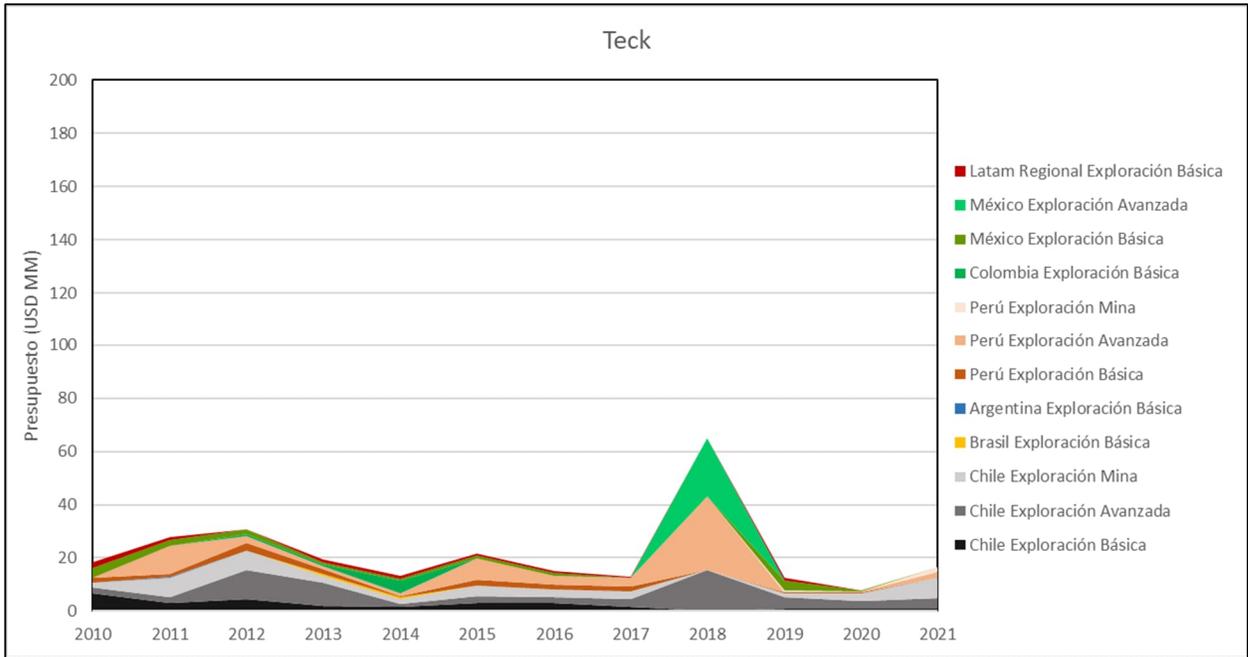


Figura 19. Variación anual de presupuestos de exploración de Teck Resources en América Latina.

Tal como es la tendencia en otras compañías de origen latinoamericano, sus gastos de exploración están fuertemente concentrados en Brasil, lugar donde opera minas de cobre y controla los derechos mineros de la provincia metalogénica de Carajas.

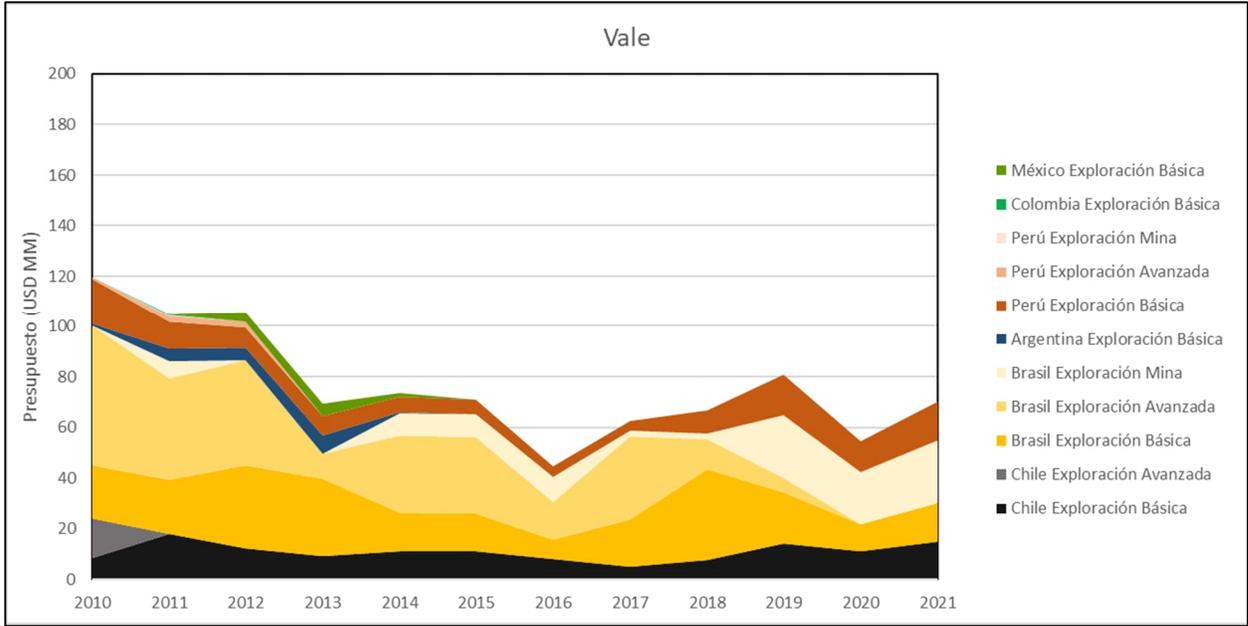


Figura 20. Variación anual de presupuestos de exploración de Vale en América Latina.

Entre el año 2014 y 2015 se reconoce un cambio en el direccionamiento de la compañía, pues se detienen los trabajos en Argentina, Colombia y México (figura 20), privilegiando sus actividades

regulares en Chile y Perú, donde se han venido aumentando ligeramente los recursos destinados a los programas de Exploración Básica.

Los trabajos de Exploración Avanzada han sufrido una notable disminución en Brasil, desapareciendo a partir del año 2020, mientras que sus trabajos asociados al Entorno Mina han aumentado considerablemente desde el 2018.

9. OTROS ELEMENTOS DE LA ESTRATEGIA DE EXPLORACIÓN

9.1. Gestión del conocimiento

Existen varios elementos de la estrategia de exploración que son considerados críticos para lograr un éxito, pero cualquiera sea la estrategia, la plantilla de personal involucrado en estas actividades se vuelve un componente fundamental. Preguntas del tipo ¿Cómo organizaré el programa de exploración? ¿Qué estructura de recursos humanos se va a utilizar para alcanzar los objetivos del programa? ¿Cómo voy a gestionar el conocimiento dentro de la compañía? ¿Voy a privilegiar estructuras livianas o más bien pesadas y jerarquizadas? ¿Quiénes liderarán los avances técnicos de los programas? ¿Cuánto financiamiento se requiere para sostener el programa de forma exitosa a mediano plazo? Las respuestas a estas preguntas resultan claves para aterrizar la estrategia y ponerla en práctica en acciones cotidianas.

El descubrimiento de un depósito es el resultado de una sumatoria de procesos complejos, pero fascinantes e inusuales. Cada descubrimiento posee características únicas, que responden a una singular combinación entre prácticas, metodologías y estrategias. Según Brown (2014) existen cuatro elementos claves para traducir la exploración de depósitos en éxitos concretos: el ambiente de descubrimiento; los métodos o técnicas usadas; cómo las nuevas tecnologías pueden agregar valor y contribuyen al descubrimiento y finalmente, los rasgos de los geocientistas que forman parte del equipo de exploraciones.

Existe consenso en la industria que no son necesarios presupuestos elevados, como lo que se han gastado las compañías mineras durante el último tiempo. Los descubrimientos provienen de un exitoso liderazgo, tanto en el campo, como en las salas de reuniones (BCG, 2015). No solo incluye rasgos personales, como la determinación o el impulso, sino que también en la toma de decisiones, abarcando la planificación, ejecución y gestión de los programas de exploración.

Pero el líder no puede sacar la tarea adelante sin un equipo altamente comprometido con los objetivos de la compañía, entonces el desarrollo del talento y la gestión del equipo se vuelve vital, el cómo se estructura el equipo de exploraciones, incluyendo personas que vayan en contra la opinión de consenso, asumiendo los riesgos necesarios para remover el estatus quo. La definición del equipo debe combinar habilidades, experiencia e instinto, sin dejar de lado la juventud.

Muchos de los programas de exploración de empresas *major* no fracasan por problemas en el diseño de su estrategia de exploración, sino que, en su implementación, pues el equipo termina

distraído con la burocracia y los requisitos administrativos de la empresa (BCG, 2015), por lo que es importante blindar al equipo de las actividades que no agregan valor al proceso de descubrimiento. Varios expertos observaron que muchas empresas fracasan en la exploración porque dejan que su equipo se distraiga con la burocracia y los requisitos administrativos de la empresa. Una de las tareas más importantes del líder de exploración es proteger al equipo de distracciones como las auditorías de seguridad y el aparentemente interminable flujo de formularios que deben completarse.

El explorador posee la habilidad de estar en el lugar correcto, en el momento cierto, por lo que esa habilidad debe ser desarrollada por las compañías, en vez de enfocarse en ver a la exploración como un simple proceso, siguiendo la lógica de que, si se invierte más dinero, este se traducirá en la perforación de más sondajes y por ende el éxito será una consecuencia (BCG, 2015). La tendencia a definir el éxito como costo por blanco de perforación probada es tan solo una quimera si no se cuenta con el equipo indicado.

Otro de los puntos críticos que actualmente enfrenta la industria de la exploración minera es la tercerización de tareas asociadas a su negocio central. Los vaivenes de los presupuestos en general impiden entregar una estabilidad a mediano largo plazo a todos los funcionarios, por lo que actualmente es común encontrarse con grandes grupos de exploradores tercerizados que no forman parte de los funcionarios de las compañías. Esta tendencia a la tercerización de los servicios es bastante común en la minería, sobre todo en aquellas actividades que no corresponden al negocio principal de la compañía, sin embargo, esa barrera se ha ido moviendo constantemente hacia aumentar los funcionarios contratistas por sobre los funcionarios propios. Esto sin dudas complejiza la tarea de alinear a los exploradores contratistas con la estrategia de la compañía y sobre todo con la cultura de esta. Usualmente el personal contratista debe lidiar con contratos breves, mal remunerados y usualmente asociados a proyectos con fecha de término, por ende, ellos deben convivir con una incerteza sobre el devenir de los próximos meses. Esta situación causa mucho daño a las compañías exploradoras y es probable que pueda ser un factor que esté influyendo en los resultados de estas. Otro componente donde hay consenso de su influencia en los resultados es el hecho de que los geocientistas están cada vez más involucrados en aspectos socioambientales y de seguridad, dejando como una tarea secundaria aquello por lo cual son contratados, que es la búsqueda de depósitos de cobre.

Es bastante común que las compañías empleen metodologías que fueron exitosas en descubrimientos recientes, pareciendo ser una excelente receta o alternativa para seguir develando nuevos recursos mineros. Un estudio desarrollado por Sillitoe (2004) sobre las técnicas exitosas de exploración arroja que el 88% de los descubrimientos tuvo como responsable clave las técnicas convencionales de mapeo geológico, de ahí la importancia de contar con personal técnico idóneo para realizar estas tareas. Cabe destacar que ese mismo estudio señala que el 69% de los descubrimientos estuvo relacionado con programas de exploración con una duración superior a cinco años.

En general las compañías desarrollan procesos acabados que permiten una correcta combinación entre la aplicación de derechos mineros en los lugares ciertos, el uso de técnicas apropiadas y un entendimiento profundo sobre las tecnologías emergentes. Sin embargo, es igual o incluso más desafiante la función de conformar un equipo de trabajo que permita enfrentar los desafíos propios de la exploración. Es ahí donde destacan profesionales obstinados, cuestionadores y que no logran amoldarse al perfil de grandes corporaciones.

Lamentablemente no fue posible conocer en detalle la composición de los equipos de las compañías analizadas en este estudio, pues esos datos son considerados confidenciales y por ende no son publicados. Las escasas informaciones generales contenidas en los sitios web de cada compañía no permiten establecer conclusiones relevantes.

Dada esta escasez de datos, es difícil consensuar si la composición y cultura de los equipos de geocientistas han sido un factor a la hora de explicar los éxitos o fracasos de sus programas de exploración, aunque la mayoría de los expertos no dudan en asignar una cuota de responsabilidad a este factor. Al no tener datos fidedignos que permitan justificar la opinión hacia una dirección u otra, este elemento no podrá ser analizado.

9.2. Consideraciones sobre la madurez geológica

La concepción del nivel de madurez geológica de un sitio fue ampliamente utilizada en la industria petrolera y se ha asociado al potencial agotamiento de recursos en una cuenca específica. Sin embargo, en la industria de la exploración minera este concepto puede ser utilizado de diversas maneras, como, por ejemplo, al nivel de conocimiento geológico que posee un distrito o jurisdicción o a la eventual consunción de nuevos recursos mineros dentro de una zona en particular.

Este elemento es altamente analizado y valorado dentro de las compañías mineras, pues se puede correlacionar de forma directa con la incertidumbre implícita en las actividades de exploración. Un programa de exploración básica en una jurisdicción minera tendrá un riesgo de fracaso inherente sustancialmente menor que ese mismo programa en una región no minera. Algunas compañías valorarán de mejor forma el desarrollo de sus programas de exploración en terrenos considerados como maduros, donde existen casos probados de depósitos minerales económicamente explotables, o las zonas emergentes, que poseen al menos un descubrimiento relevante, además de algunos prospectos y finalmente las jurisdicciones frontera, donde existe una geología favorable, escasamente comprendida y donde solo se pueden asociar algunas ocurrencias minerales mal documentadas (Sillitoe, 2010). Cabe hacer notar que el mayor riesgo de las zonas inmaduras o fronteras podrían traducirse en descubrimientos fuera de serie, siendo este un gran impulsor para incentivar la exploración fuera de las zonas típicas.

Es interesante hacer notar que los nuevos descubrimientos arrojan efectos positivos y negativos en cuanto a la madurez geológica. Castillo y Roa (2021) estudiaron empíricamente tanto los efectos positivos que gatillan estas nuevas informaciones, como los negativos, entendiéndose

estos como un agotamiento de las oportunidades de exploración en una zona determinada, buscando reconocer la influencia de estos sobre los gastos de exploración de las compañías en los años siguientes. Los resultados sugieren que estos efectos se contrarrestan, sin pesar uno más que otro, además este comportamiento se reconoce en largos periodos de tiempo y en distintas jurisdicciones.

La mayoría de las empresas estudiadas mantiene trabajos en países considerados geológicamente maduros, como Chile o Perú (figura 21), aunque este último aún posee amplias zonas de su territorio con un nivel de madurez más bien reducido. De todas maneras, hay que soslayar que en ambos países existen importantes centros mineros, por lo que es de esperar que esto sea una influencia relevante a la hora de la presencia de su equipo de exploraciones mineras en aquellos países. También es interesante notar que sus trabajos se desarrollan en máximo dos o tres países, salvo el caso de AngloAmerican, Rio Tinto y Southern Copper, empresas que se encuentran más diversificadas geográficamente, apostando por países emergentes, como Colombia o Ecuador, pero además Nicaragua, país completamente inmaduro en cuanto a su conocimiento geológico, por lo que no hay claridad sobre su potencial geológico minero.

Empresa	Países con exploración activa
AngloAmerican	 87%  6%  5%  2%
Antofagasta Minerals	 >99%  <1%
BHP	 50%  29%  21%
Codelco	 81%  11%  8%
First Quantum Minerals	 51%  37%  12%
Freeport McMoRan	 81%  19%
Glencore	 63%  25%  23%
Rio Tinto	 46%  32%  11%  7%  4%
Southern Copper	 61%  14%  11%  8%  6%
Teck Resources	 76%  24%
Vale	 58%  21%  21%

Figura 21. Diagrama con proporción de actividades de exploraciones por país. Confección propia en base a presupuestos 2021 reportados por S&P Global Intelligence.

Ahora bien, la situación cambia cuando retiramos el efecto de la exploración del entorno mina y proyectos avanzados en la presencia de la exploración en ciertas jurisdicciones (figura 22). La exploración básica devela la predilección de las empresas por ciertos países, donde fijan sus planes a más largo plazo. De este análisis, se ponen de manifiesto los esfuerzos de Rio Tinto en Nicaragua, país que concentra el 25% de sus actividades de exploración básica en América Latina. También destacan los trabajos que Antofagasta Minerals ha estado realizando en Perú, con un

9% de sus actividades. Otro aspecto relevante es la apuesta que hace Vale por Chile y Perú, con un 66% de sus trabajos básicos ejecutados en aquellos países considerados maduros.

En el caso de AngloAmerican y BHP resaltan sus labores en Ecuador durante 2021, país con una industria de exploración en franca expansión. Además, no deja de llamar la atención que Codelco desarrolle prácticamente la misma cantidad de trabajo de exploración básica en Ecuador y Brasil, que dentro de Chile.

Empresa	Países con exploración básica activa
AngloAmerican	 54%  27%  11%  8%
Antofagasta Minerals	 91%  9%
BHP	 41%  34%  25%
Codelco	 55%  29%  21%
First Quantum Minerals	 0%  76%  24%
Freeport McMoRan	 100%  0%
Glencore	 0%  0%  0%
Rio Tinto	 32%  20%  25%  15%  8%
Southern Copper	 26%  0%  32%  23%  19%
Teck Resources	 100%  0%
Vale	 34%  33%  33%

Figura 22. Diagrama con proporción de actividades de exploración básica por país según presupuesto destinado. Confección propia en base a presupuestos 2021 reportados por S&P Global Intelligence.

Mientras Antofagasta Minerals y Vale privilegian el desarrollo de sus actividades en países maduros en términos geológico-mineros, BHP y Rio Tinto diversifican su riesgo entre países maduros y países emergentes o inmaduros.

Sin embargo, cabe hacer notar que la situación descrita es solo reflejo del estado de la exploración durante el 2021 y por ende estas decisiones aún no se traducen en éxitos o fracasos de sus programas de exploración. Estos resultados pueden tardar muchos años en hacerse públicas.

Para comprender las decisiones de las empresas respecto a los países donde se desarrollan sus actividades de exploración, vale la pena observar cómo ha variado la exposición de las empresas a países maduros, emergentes e inmaduros. Para esto se ha seleccionado tres momentos dentro del periodo estudiado: 2011, 2016 y 2021.

Existen algunas compañías que tomaron decisiones similares a través del tiempo. Por ejemplo, AngloAmerican y BHP hacia el año 2016 disminuyeron su exposición en países inmaduros (figura 23), como Colombia o Argentina, privilegiando sus operaciones en países maduros, como Chile o

Perú. Luego vuelven a bajar su aversión al riesgo, reportando actividades de exploración en Ecuador durante el 2021, país catalogado durante los últimos años como emergente.

El caso de Antofagasta Minerals es distinto, pues esta empresa mantiene sus exploraciones concentradas principalmente en Chile, sumando presencia en una menor proporción en países menos maduros, pero con un potencial minero comprobado, como Perú o México. Por su parte Codelco establece sus prioridades en Chile, sin embargo, realiza importantes apuestas en países como Ecuador y Brasil, las que mantiene a través del tiempo. First Quantum Minerals equilibra su exposición a jurisdicciones más riesgosas, de la mano con la adquisición de proyectos avanzados en Perú y Argentina.

Freeport aumenta su exposición a países más riesgosos durante 2016, pero durante el 2021 solo se encuentra explorando en Chile. El caso de Glencore ya fue discutido previamente, pues esta empresa no ejecuta labores de exploración básica, disolviendo el equipo de exploraciones conformado por Xtrata en la región Andina.

Empresa	2011	2016	2021
AngloAmerican			
Antofagasta Minerals			
BHP			
Codelco			
First Quantum Miner.			
Freeport McMoRan			
Glencore (Xtrata)			
Rio Tinto			
Southern Copper			
Teck Resources			
Vale			

Figura 23. Presencia de actividades de exploración básica por país durante los años 2011, 2016 y 2021. Confección propia en base a presupuestos 2021 reportados por S&P Global Intelligence. El orden de los países refleja un orden descendente de montos invertidos en cada país.

Southern Copper y Rio Tinto han sido empresas que aumentan su predisposición hacia países inmaduros, sobre todo en los últimos años, sumando actividades en Colombia y Nicaragua en el caso de esta última compañía.

Finalmente Vale disminuye fuertemente su exposición a jurisdicciones inmaduras, privilegiando a partir del 2016 sus actividades de exploración básica en países maduros, con un potencial minero demostrado.

9.3. Implicancias del nivel de riesgo país

La competitividad minera de los países está dada fundamentalmente por dos factores: la madurez geológica y el marco institucional (Tilton y Guzmán, 2016). Si bien ambos conceptos son dinámicos en el tiempo, es este último el que puede verse fuertemente distorsionado en un breve periodo de tiempo.

El nivel de riesgo país usualmente incluye diversos ámbitos, tales como el político, económico, jurídico, impositivo, operacional y seguridad, de manera tal que estos seis factores van siendo monitoreados por diversas agencias calificadoras de riesgos, como Fitch, Moody's o S&P Global, quienes entregan una valoración de estos. Se trata de una estimación empírica del riesgo que enfrenta una empresa privada que opera en aquella zona geográfica. Estas calificaciones podrían considerarse como una fotografía de las condiciones que presenta un país en un momento dado. Al comparar cómo cambian estos indicadores a través del tiempo es posible evaluar tendencias que marquen la evolución relativa del país.

En la tabla 2 es posible observar la valoración de estos factores para cada uno de los países de América Latina, destacando países como Chile o República Dominicana, que poseen evaluaciones positivas en prácticamente todos sus indicadores en comparación con otros países con potencial minero, como México o Nicaragua, que presentan riesgos económicos, jurídicos, impositivos y operacionales debido a los carteles de drogas que se encuentran activos en el país.

Las calificaciones están dadas a partir de un análisis cualitativo de variables asociadas a cada riesgo en particular. La escala utilizada es de cero a diez, mientras mayor sea el número, mayor será el riesgo asociado, considerando los siguientes rangos: 0 - 0,7: bajo; 0,8 - 1,5: moderado; 1,6 - 2,3: elevado; 2,4 - 3,1: alto; 3,2 - 4,3: muy alto; 4,4 - 6,4: severo y 6,5 - 10: extremo.

El riesgo geopolítico ha sido considerado históricamente uno de los diez principales riesgos de la minería, sin embargo, este riesgo sube fuertemente en el ranking para la proyección del próximo año, posicionándose como el segundo riesgo más importante para la industria (EY, 2022). Si bien estos estudios son globales y están fuertemente influenciados por el conflicto bélico entre Rusia y Ucrania, no es menos cierto que durante este último tiempo la situación en América Latina ha sufrido una degradación de las condiciones para establecer negocios. En este sentido, la incertidumbre que existe a nivel global ha impulsado a las compañías a evaluar de forma más efectiva y estratégica el impacto en sus negocios y la toma de decisiones, particularmente en cuanto a alianzas, flujos comerciales, gobiernos e impuestos donde estas empresas operan o desean operar.

Durante el último tiempo se observa una tendencia a la degradación de ciertos indicadores en América Latina. Por ejemplo, Chile ha sufrido un aumento paulatino de sus indicadores de riesgo país a partir del denominado Estallido Social en octubre del 2019. Aun así, sigue siendo uno de los países mejor ranqueados en América Latina, solo superado por Uruguay, que no posee potencial minero para depósitos gigantes de cobre.

País	Calificación Riesgo País	Riesgo Político	Riesgo Económico	Riesgo Jurídico	Riesgo Impositivo	Riesgo Operacional	Riesgo Seguridad
Argentina	3,0	2,5	4,8	2,6	3,2	3,1	1,5
Bolivia	2,9	2,9	2,7	3,3	3,0	3,6	2,0
Brasil	2,4	2,6	2,3	2,0	2,9	3,0	1,7
Chile	2,0	2,2	1,7	1,6	2,3	1,9	2,0
Colombia	2,4	2,3	1,9	2,1	2,9	2,6	2,5
Costa Rica	2,0	2,3	1,9	2,0	2,3	2,5	1,2
Cuba	2,7	2,3	4,3	2,5	3,1	2,8	1,1
Ecuador	2,6	2,6	2,1	2,5	2,8	3,4	2,0
El Salvador	2,4	2,2	2,5	2,6	3,0	2,9	1,3
Guatemala	2,5	2,7	1,5	2,9	2,8	3,5	1,8
Haití	4,9	6,4	8,3	3,2	3,4	5,5	2,8
Honduras	2,7	2,7	2,2	3,2	3,1	3,4	1,8
México	2,6	2,8	1,7	3,3	2,8	3,2	1,8
Nicaragua	3,0	2,6	3,2	3,5	3,6	3,4	1,6
Panamá	2,1	2,2	1,4	1,9	2,4	3,0	1,4
Paraguay	2,4	2,3	2,5	2,2	2,5	3,1	1,8
Perú	2,3	3,0	1,7	2,5	2,1	2,8	1,8
Rep. Domin.	2,0	1,8	1,8	1,9	2,2	2,7	1,3
Uruguay	1,3	1,2	1,8	1,1	1,5	1,7	0,7
Venezuela	4,5	4,7	4,9	5,5	4,0	5,2	2,4

Tabla 2. Calificación riesgo país según S&P Global (actualización noviembre 2022).

Actualmente Colombia está sufriendo una presión al alza de ciertos indicadores. Más allá del giro político que ha sufrido este país durante el 2022, este país está preparando una reforma al Código de Minas, impulsada principalmente por los resguardos socio ambientales de sus ecosistemas, esperando que esta nueva regulación establezca una mayor regulación, mientras intentan lidiar con un sinnúmero de operaciones mineras ilegales que han proliferado por el país (Chile Explore Report, 2022).

Es notable el cambio que ha sufrido Ecuador durante los últimos cuarenta años. Este país comenzó a aplicar políticas neoliberales a finales del siglo pasado, pero sin mucho éxito, por lo que ha transitado entre excelentes medidas, como lo fue la apuesta de inversión en sectores estratégicos, pero también con robustecer la presencia del estado en todo el territorio.

La minería en Ecuador no ha jugado un rol relevante en el siglo pasado, sino que su economía se basa en el sector petrolero. A pesar de que su regulación data de los noventa, fue en 2008 donde se registran sendas modificaciones regulatorias asociadas a la repartición de ingresos públicos provenientes de operaciones mineras a gran escala, privilegiando el desarrollo de indicadores humanos en los territorios donde esta actividad es desarrollada (Almeida, 2019).

La nueva regulación incluye el término de una concesión minera por diversas causas, generando mucha incertidumbre en las compañías mineras, sobre todo luego de la renegociación de los

contratos con las compañías petroleras privadas que operaban en el país, aumentando la incertidumbre sobre cómo la gran minería podría ser desarrollada con reglas claras e invariables para los concesionarios mineros. Discusiones como la reversibilidad de los derechos mineros ocasionaron mucha incertidumbre a los exploradores. Ya en 2011 y 2012 fueron adjudicados sendos contratos de concesión de grandes proyectos mineros, como Mirador (cobre) y Fruta del Norte (oro), marcando un hito dentro del desarrollo de la gran minería en el país.

Si bien Ecuador contaba con estabilidad política, social y económica, sumado a una infraestructura en desarrollo y servicios a bajo costo, como la energía y el agua, sin embargo, el régimen fiscal y estabilidad jurídica, así como también los incentivos tributarios influían negativamente en el negocio minero. Esto último ha venido siendo corregido durante la última década, generando los estímulos necesarios para que el país materialice los grandes descubrimientos que han aparecido en su territorio (León et al., 2020), como por ejemplo los contratos de estabilidad tributaria por 15 años de duración.

En el caso de Perú la evolución ha sido notable, pues a partir de la década del noventa implementa varias regulaciones similares a las existentes en Chile, sobre todo luego de la promulgación de un nuevo ordenamiento constitucional. Es en ese periodo donde se realizan una serie de privatizaciones de proyectos mineros de gran escala, entregando la gestión de los recursos mineros a privados. Esto, junto a otros lineamientos pro-inversión han provocado una notable mejora de sus indicadores a través de los años, sin embargo, el país mantiene profundas grietas que han aflorado durante la última década, exhibiendo un aumento de los conflictos que involucran temas comunitarios en Perú, llegando a articularse protestas que obligan a detener operaciones mineras.

En la búsqueda de que Perú genere controles que regulen los impactos medioambientales, se ha puesto en marcha una nueva normativa medioambiental de exploración minera, la que ha provocado retrasos en el proceso de exploración, debiendo diseñar proyectos rígidos sin la adecuada información que permita establecer definiciones críticas para cumplir la normativa. Esto ha mermado la certeza de poder desarrollar los proyectos de exploración, lo cual se suma a la inestabilidad política y casos de corrupción que han golpeado el país durante el último tiempo.

Un claro ejemplo de la inestabilidad es lo que está ocurriendo en Panamá. Al momento de redactar este capítulo, First Quantum Minerals y el Gobierno de Panamá estaban negociando un nuevo contrato entre ambas partes. La concesión minera proviene del año 1997, mientras que sus permisos ambientales fueron otorgados el 2011. First Quantum Minerals toma el control del proyecto el año 2013, luego de adquirir Inmet Mining Corporation. En 2018 la Corte Suprema de Panamá declaró inconstitucional la ley que otorgó las concesiones en 1997, pues esta no cumplió con el proceso de licitación pública (Foro Intergubernamental sobre Minería, Minerales, Metales y Desarrollo Sostenible, 2020). Esto obligó a ambas partes a negociar un nuevo contrato de licitación, donde el gobierno busca aumentar los pagos de regalías sobre las utilidades brutas del 2% al 16% y eliminar una serie de beneficios fiscales acordados en el contrato anterior, además

de exigir que la mina pague el impuesto sobre la renta (Mining Journal, 2022). Evidentemente la renegociación de las condiciones impositivas que presenta un proyecto de esta envergadura ocasiona un daño considerable a toda la industria en aquel país, presionando al alza su riesgo país.

La minería es una actividad intensiva en capital y que genera grandes aportes a los países, pues generalmente involucra inversiones extranjeras directas, que sería una de las formas más eficaces de hacer crecer una economía, entonces el hecho que se desarrolle una industria minera de escala mundial puede causar un efecto positivo en la calificación de los riesgos que poseen los países, pues en este caso se trata de un pacto a largo plazo, que involucra reglas del juego claras tanto para las empresas como para los gobiernos.

Llama la atención que exista cierta concordancia entre el nivel de madurez geológica de los países, con el nivel de riesgo país. De esta manera, las empresas que privilegian desarrollar sus trabajos en zonas maduras geológicamente hablando, también se refieren a países con acotados niveles de riesgo. Así como también, aquellas compañías que apuestan por países inmaduros geológicamente, como las actividades de Rio Tinto en Nicaragua, también lo hacen corriendo mayores riesgos en términos económicos, jurídicos, impositivos y operacionales.

Estudios sugieren que el mejor termómetro para estudiar los cambios de nivel de riesgo país es la inversión en exploración básica, ya que al ser la etapa inicial y además la más dinámica, reaccionará rápidamente a los cambios en estas variables (Otto et al., 2006). Esto se pudo corroborar entre el 2011 y 2013 en Argentina, donde la inversión en exploración minera se reduce significativamente, debido a la salida del país de varias compañías mineras, tales como BHP o Vale, lo que coincide con un aumento considerable en la calificación del riesgo país.

Típicamente el riesgo impositivo es uno de los más críticos para las compañías, debido a que es común que aparezcan cada cierto tiempo discusiones sobre cambios de tasas impositivas y regalías para el Estado, impactando directamente en los flujos financieros de las compañías.

El estado posee un rol articulador clave para el óptimo desarrollo del sector minero, estableciendo un marco legal para la correcta explotación sostenible de los recursos no renovables que se alojen en sus territorios. Para ello se deben definir condiciones claras que controlen y mitiguen la contaminación ambiental que generan estas operaciones, además de establecer un régimen impositivo a favor del fisco, que vele por los intereses del país.

En general los países pueden aplicar tres tipos de impuestos: royalties puros; impuestos que gravan las ganancias obtenidas y aquellos que imponen tasas sobre los ingresos corporativos (Tilton y Guzman, 2016). Más allá del tipo de impuesto que establezca cada país, es importante establecer reglas claras por largos periodos de tiempo y que cumplan con la primicia de balancear las necesidades de los gobiernos y las de las empresas mineras, de tal manera de no generar desinterés de parte de la industria en el desarrollo de la minería en aquella jurisdicción.

La realidad es que existen varias formas de establecer el atractivo de inversión de los países, sin embargo, la mayoría, por no decir todas, poseen series deficiencias y sesgos, mientras que otras muestran realidades con demasiada lentitud para ser realmente útiles. Finalmente, la opinión de expertos puede introducir subjetividades que no reflejen exactamente las condiciones del mercado (Jara et al., 2008). Sin embargo hay casos de incentivos que promueven la industria, como por ejemplo los beneficios tributarios a la exploración en Perú, los cuales están regulados por la ley N° 27623, que establece la devolución del Impuesto General a las Ventas e Impuesto de Promoción Municipal a los titulares de la actividad minera durante la fase de exploración, que en efecto permite que parte de los dineros provenientes del presupuesto de exploración se dirijan a trabajos que ayuden a identificar un cuerpo mineral, en vez de pagar ambos impuestos que suman un 18%.

Los países tienden a observar lo que sucede en otras jurisdicciones para identificar si existe espacio para aumentar la tributación, sin perder competitividad. A pesar de que pareciese no ser tan compleja la comparación de la tasa tributaria efectiva a la que industria está sometida en distintos países, en la realidad si lo es, pues existen distintos mecanismos que aplican o no en ciertos casos. De todas maneras, siempre será relevante hacer una comparación más o menos justa, vale decir, con suponiendo la realidad de un depósito tipo, financiado bajo ciertas condiciones. En ese sentido América Latina competirá con los países desarrollados, los cuales presentan condiciones más estables y por ende menos riesgosas en varios aspectos.

Según análisis comparativo realizado por Ostensson et al. (2014), Argentina posee tributaciones que alcanzan al 46,4%; Brasil 48,2%; Chile 43,3%; Perú 42,3%, aunque este país posee un sistema de reparto obligatorio de utilidades con los trabajadores, subiendo su carga al 50% aproximadamente. Si bien las diferencias porcentuales son sutiles en algunos casos, estas se pueden traducir en enormes ingresos para las partes interesadas.

Es común asociar que la exploración básica sea la primera en reaccionar ante un aumento en los impuestos, puesto que disminuiría el valor esperado para un nuevo depósito descubierto, desincentivando la exploración minera, sin embargo Castillo (2021) demuestra de forma empírica, que los cambios impositivos realizados en Chile el 2004 y 2010 generaron un impacto promedio sorprendentemente pequeño en la exploración inicial, pues las compañías grandes aumentaron sus presupuestos en comparación con las empresas menores. Es interesante notar que tampoco se reconoce en ese estudio una fuga masiva hacia otros países con menores niveles de impuestos, que usualmente es usado como argumento a la hora de enfrentar este tipo de discusiones. De todas maneras, se debe considerar el efecto del precio de las materias primas justo después de aquellas modificaciones, pues las compañías mineras tuvieron cuantiosos ingresos y como se detalló anteriormente, esto se tradujo en elevados presupuestos de exploraciones. Quizás el resultado hubiese sido distinto en un ciclo de precios bajos.

9.4. Importancia del régimen de concesiones o derechos mineros

Uno de los procesos fundamentales durante la exploración minera es la consolidación de la propiedad o concesión minera. Esto suele involucrar procesos complejos que los exploradores deben estudiar en detalle, recabando cuales son las singularidades de los sistemas de propiedad minera en cada uno de los países, además de evaluar la disponibilidad real de adquirir terrenos altamente prospectivos. Cabe destacar que prácticamente todos los países latinos consideran a los recursos naturales no renovables como patrimonio de las naciones y por ende poseen una regulación especial, diferente de los derechos superficiales.

Chaparro (2002) realiza una compilación de los regímenes de concesiones mineras en catorce países de América Latina. En general todos los países definen plazos de duración para las concesiones de explotación, los cuales son prorrogables, salvo en Argentina, Bolivia, Brasil, Perú y Chile. En el caso de los primeros dos países, estos definen expresamente una duración ilimitada, mientras que en Perú se establece la irrevocabilidad del derecho otorgado. Los plazos de duración varían de veinte años a cincuenta años. De cualquier manera, los países definen el pago de una patente anual para la mantención de la vigencia de los derechos adquiridos.

En la mayoría de los países, salvo en Chile, las compañías son obligadas a realizar labores mineras en concordancia con lo proyectado en sus planes de trabajo e inversión, no pudiendo suspenderla sin la debida justificación y ulterior aprobación.

En cuanto a los procedimientos para obtener los derechos, estos varían desde ordenamientos administrativos a judiciales. Quizás el más complejo de establecer es el de Chile, pues la propiedad minera es regulada por la Constitución de la República de 1980, la que entrega a privados el derecho de concesión y dominio sobre los recursos mineros. Estas concesiones son constituidas vía procedimientos judiciales liderados por un juez ordinario, no interviniendo autoridades administrativas durante el proceso. La concesión posee una duración indefinida mientras se cumplan algunas obligaciones menores. El caso opuesto es el peruano y ecuatoriano, países que diseñaron ágiles procedimientos administrativos, que culminan con la entrega de una concesión sin límites de tiempo para el caso peruano, mientras que el ecuatoriano instaura un tiempo determinado.

En Perú la concesión minera le entrega al titular un derecho real y exclusivo para ejecutar actividades de exploración y/o explotación minera. Este sistema de concesiones funciona a través del diseño en cuadrículas, siendo cada una de ellas desde 100 hasta 1,000 ha.

En el caso de Ecuador, la ley minera del año 2009 permite otorgar concesiones de exploración para que ejecuten trabajos de exploración durante 6 años, pasando a las siguientes fases, construcción por tres años y explotación, una vez que se demuestre la existencia de un depósito explotable (Almeida, 2019). A pesar del marco regulatorio, el año 2018 se decide congelar el catastro minero. Si bien existían planes para reabrirlo a fines del año 2023, esto se ha pospuesto debido a la oposición de grupos indígenas, quienes esperan que primero se implemente una ley

de consulta previa. Actualmente existe 628 solicitudes de concesión minera a la espera de ser procesadas. Evidentemente esto significa un gran problema para las empresas que allí están operando.

Otro punto relevante es la eventual caducidad de la concesión. En la mayoría de los países, salvo Perú y Chile, se establece que un derecho minero puede caducar por la sola interrupción no justificada de los trabajos mineros. Adicionalmente se pueden mencionar motivos de caducidad generales, tales como incumplimiento de normativas ambientales o de seguridad.

Regulaciones más, regulaciones menos, lo cierto es que no existe un sistema perfecto que sea la receta para atraer inversiones en exploración minera. Mientras el modelo chileno parece ser una de los que más libertades otorga una vez establecida la concesión minera, también este hecho provoca que el sistema adolezca de movilidad, generando una poco sana concentración de propiedades mineras entre pocas compañías, a lo que se suma la disponibilidad de áreas libres en zonas con altos indicadores prospectivos. A lo anterior se suman las dificultades que trae consigo el procedimiento judicial bajo el cual que se establecen los nuevos derechos. De todas maneras, el sistema de amparo de los derechos mineros en Chile está en un momento de cambio. Recientemente la ley 21.420 introdujo sendas modificaciones, sin embargo, estos están siendo rediscutidos en un nuevo Proyecto de Ley.

La aplicación de nuevos derechos mineros es un constante desafío de la Exploración Básica, pues antes es necesario detectar zonas libres de derechos de terceros, mientras que la exploración del entorno mina se beneficia de grandes superficies cubiertas alrededor de las operaciones mineras, cuyos derechos preferentes fueron adquiridos mucho tiempo atrás, eventualmente antes de ser identificado el cuerpo mineral principal. Esto le entrega una ventaja importante a la exploración del entorno mina, aumentando el riesgo inherente a las actividades de Exploración Básica.

9.5. Apreciaciones sobre desarrollo orgánico versus inorgánico

En términos generales las empresas pueden alcanzar sus objetivos estratégicos de dos formas: siguiendo un crecimiento orgánico del negocio o de forma inorgánica. El primero consiste en buscar el crecimiento del tamaño de una compañía, así como también sus ganancias y actividades sin el efecto de una fusión o adquisición de otra compañía o proyecto, vale decir, partiendo con actividades desde el inicio del proceso de exploración minera. Es ahí donde radica la vital importancia de los equipos de exploraciones, quienes desempeñan un papel fundamental en el desarrollo de la cartera de proyectos. En general estos planes son bastante ambiciosos, los cuales deben ser seguidos por programas de exploración que se enfoquen hacia los objetivos de la compañía, que usualmente se refieren al aumento de los recursos mineros con los que cuenta en su portafolio, siendo alcanzados a través de la Exploración Básica o Exploración Entorno Mina. En tanto que el crecimiento inorgánico está caracterizado por involucrar fusiones, adquisiciones, alianzas u otro tipo de negocios entre dos compañías. Es por esto que se considera más costoso y bajo ciertas premisas más arriesgado, generalmente apalancado por los montos involucrados.

En general hay una serie de elementos que las empresas deben tener en consideración al escoger entre uno u otro. En ocasiones las compañías establecen planes de crecimiento que apuntan a direcciones donde no cuentan con la experiencia necesaria para asegurar el éxito de los programas de crecimiento orgánico, por lo que suelen embarcarse en adquisiciones o fusiones. En este sentido es clave que la empresa cuente con los recursos físicos, financieros y de recursos humanos para dar continuidad a los planes de trabajo.

Un aspecto relevante es el hecho de que el crecimiento orgánico son muchísimos más lentos que el crecimiento inorgánico, por lo que se debe tener una visión de mercado estratégica, adelantándose a los ciclos de precios altos.

Lo cierto es que tampoco el crecimiento inorgánico es simple, pues se debe considerar las diferencias de cultura y gestión en el caso cuando se realiza un negocio en conjunto o *joint venture* en inglés, pues las partes podrían entrar en conflicto y gatillar una serie de dificultades adicionales relacionadas a definir la escala apropiada de las operaciones, a lo que se podrían sumar eventuales problemas por la pérdida de dirección de la compañía.

El crecimiento orgánico puede traer una serie de puntos positivos: el conocimiento interno de las fortalezas y debilidades de la organización; menos desafíos asociados a potencial integración y reestructuración de las actividades; más control sobre la dirección de las actividades y no menos importante es la realidad de que el crecimiento orgánico es más sostenible en todo sentido. Sin embargo, se deben considerar los puntos negativos, pues el crecimiento orgánico puede ser significativamente lento y minar las ventajas competitivas de las compañías. En cuanto a los puntos positivos del crecimiento inorgánico es que la tasa de crecimiento puede ser significativa y rápida, aumentando de forma inmediata una mejor valorización financiera; aumenta el conocimiento y la experiencia, disminuyendo los riesgos asociados a enfrentar nuevas actividades en jurisdicciones donde las compañías no poseen experiencia, además de ganar una ventaja competitiva en el mercado. Más allá de la decisión de crecer orgánica o inorgánicamente, la clave es ejecutar los planes de la forma más estratégicamente posible, proyectando escenarios a corto y largo plazo.

El hecho de que una correcta selección de oportunidades de exploración se traduzca en una aceleración del proceso de descubrimiento hace que la mayoría de las compañías desarrollen equipos especializados de nuevos negocios, los cuales ejecutan actividades de inteligencia de mercado buscando oportunidades que ayuden a mejorar los resultados de las compañías.

Existen varias normativas que regulan la entrega de información técnica sobre los proyectos, de esta manera se entrega certeza al mercado de que las informaciones contenidas en los reportes son veraces y cumplen con los estándares de calidad establecidos por estas regulaciones. Ejemplos de estas son la norma canadiense NI 43-101 y su figura del Persona Competente (QP por sus siglas en inglés), quienes están autorizados para emitir este tipo de reportes. La norma australiana se denomina JORC y funciona de una manera similar a la canadiense.

Los gastos de exploración y pagos eventuales que el dueño de un proyecto pueda recibir dependerán del estado de avance en el que se encuentra el proyecto. Mientras más avanzado se encuentre el proyecto, más alto serán los montos involucrados, aunque también tendrá que ver con el potencial que los geólogos le otorgan al proyecto. En este sentido la presencia de “Fatal Flaws” es el gran riesgo que corren las compañías que se aventuran con compras de proyectos avanzados.

No existe un estándar que defina montos involucrados y las negociaciones dependerán caso a caso, pues la sola estimación del potencial de un proyecto es de por sí un parámetro subjetivo que depende de los geólogos y la organización que lo define. Es ahí donde la experiencia de los expertos puede hacer la diferencia.

El periodo analizado puede dividirse en dos grandes fases separadas por el año 2015, pues es en aquel año es donde se observa un cambio en la tendencia de los descubrimientos. La mayoría de los descubrimientos relevantes fueron resultado del crecimiento orgánico de las compañías, mientras que a partir de 2016 la mayoría de los descubrimientos provienen de exitosas adquisiciones o empresas conjuntas, como por ejemplo El Encierro, que corresponde a un proyecto de Antofagasta Minerals y Barrick.

La gobernanza de las compañías juega un rol relevante a la hora de enfrentar discusiones de empresas conjuntas o adquisiciones a nivel de exploraciones. Quizás el caso más emblemático dentro de las empresas estudiadas es Codelco, pues como toda empresa estatal, esta posee una gobernanza compleja, con un factor político que no se puede desconocer. A pesar de lo anterior, Codelco ha sido capaz de operar una alianza de exploración con Enami Ecuador en aquel país, oportunidad que nace a partir del Convenio de Exploración promovido por ambos los gobiernos de ambos países el 2011. Cabe consignar que esta alianza no ha estado exenta de dificultades, sobre todo durante el último tiempo.

Como se describe en el capítulo 8, varias compañías reportan actividades de generación de proyectos y exploración regional en Latinoamérica, sin especificar los países donde se realizan estas actividades, aunque claramente estas son dirigidas hacia países que no cuentan con una oficina de exploraciones establecida. Por ejemplo, Antofagasta Minerals realiza seguimiento a oportunidades en Sudamérica a través de sus oficinas en Santiago (AMSA, 2020) aprovechando la experiencia técnica de su equipo.

Los negocios son un aspecto crítico que es celosamente tratado por las compañías y solo salen a la luz pública cuando se trata de compañías mineras juniors que transan en la bolsa y por ende deben informar sobre las actividades significativas, no obstante, la mayoría de los acuerdos entre privados son difícilmente trazables y no necesariamente deben ser informados con el suficiente detalle, salvo que resulten en descubrimientos, como en el caso de El Encierro.

Un negocio típico de las compañías mineras es la búsqueda de Alianzas de Exploración con empresas juniors que mantengan portafolios interesantes en ciertas jurisdicciones. En general

ese tipo de negocios funciona a través del financiamiento de actividades de exploración básica, compartiendo el riesgo de la exploración y también de exposición en países considerados como riesgosos, para concluir con gatilladores que permiten tomar el control de los recursos mineros una vez identificados. Es interesante el caso de Rio Tinto en Nicaragua, país que presenta elevados riesgos económicos, jurídicos, impositivos y operacionales, incluso por sobre su vecino del norte, Honduras. En esta jurisdicción, Rio Tinto concreta el 2020 una alianza estratégica de exploración con la compañía junior canadiense Calibre Mining por el Proyecto Borosi (Calibre Mining, 2020). Este país posee un potencial geológico minero similar a otros países del cinturón andino, sin embargo, las condiciones del país han ahuyentado las inversiones mineras, que siempre buscan ambientes de estabilidad a mediano y largo plazo. Rio Tinto es la única empresa, del listado de empresas analizadas en este estudio, haciendo trabajos en aquel país.

Otro ejemplo de este tipo es BHP en México, quienes el 2019 firmaron un Contrato de Financiamiento Estratégico con Riverside Resources Inc., que es una compañía junior con base en Canadá. El programa está centrado en identificar y desarrollar oportunidades de exploración que conduzcan al descubrimiento de nuevos depósitos de cobre de clase mundial (Riverside, 2019). Este se organiza en tres fases: generación de proyectos; operación de proyectos y la etapa de negocio en conjunto, manteniendo la libertad de BHP de progresar o no con cada una de las fases del acuerdo.

Otro tipo de crecimiento inorgánico son las colocaciones privadas de capital, donde las compañías, en general juniors, ceden participaciones minoritarias dentro de la estructura de capital a cambio de inversiones que permitan desarrollar actividades de algún proyecto. Un ejemplo de esto son los movimientos que las empresas Newcrest y BHP han materializado en SolGold PLC (Solgold, 2018), empresa que controla el Proyecto Cascabel en Ecuador. De esta manera las empresas financiadoras ingresan tempranamente en la estructura de empresas con proyectos prometedores. Esta forma de hacer negocios se aplica sobre todo en jurisdicciones más riesgosas. Otro ejemplo de lo mismo es el caso de BHP en el proyecto Filo del Sol en Argentina (Filo Mining, 2022), donde adquirieron a inicios del 2022 un porcentaje minoritario de Filo Mining Corp., empresa controladora de uno de los proyectos de cobre más prometedores de la última década.

Más allá de los casos particulares descritos, no hay ninguna empresa que no presente casos de búsqueda de crecimiento inorgánico, solo se puede establecer algunos negocios más riesgosos que otros, los que sin dudas han sido soportados por la evaluación crítica de los geólogos especialistas, quienes junto a expertos en tributación minera y tributaria permiten establecer si una compañía es capaz de lidiar con el riesgo de aquella jurisdicción.

Según información recabada en el sitio S&P Global Intelligence, Freeport-McMoRan Inc. solo ha realizado un movimiento de crecimiento inorgánico a través de exploración durante los últimos cinco años. Se trata de contrato de opción de compra por el Proyecto Ricardo, controlado por Solaris Resources Inc. Este proyecto se ubica en la Región de Antofagasta en Chile,

inmediatamente al sur de la ciudad de Calama. En este acuerdo firmado el 2018, Freeport-McMoRan se compromete a incurrir en gastos de exploración sustanciales, más la entrega de un estudio de factibilidad en un tiempo determinado, de esta manera podrá acceder hasta el 80% de participación en el proyecto. En agosto del año 2022 la empresa decide descartar la opción, devolviendo el proyecto a Solaris Resources. Si bien no existe información pública de los resultados de la exploración, se puede presumir que el proyecto no cumplió las expectativas de la compañía.

First Quantum Minerals posee una agresiva estrategia de adquisiciones. Ejemplos de ellos se pueden observar desde la aparición de esta compañía en América Latina luego de la compra de Inmet Mining Corporation en el año 2013, compañía que ya controlaba el proyecto avanzado Cobre Panamá en Centroamérica. Luego, en 2018 adquiere la totalidad de la empresa canadiense Antares, controladora de los proyectos avanzados Haquira en Perú y Taca Taca en Argentina, así como también una cartera de proyectos *greenfield* en ambos países. Adicionalmente, en 2019 firma un acuerdo de opción de compra por un proyecto *greenfield* con Mirasol Resources, el que está ubicado en la zona limítrofe entre Chile y Argentina (Mirasol Resources, 2018).

De todas las empresas estudiadas, FQM es la que posee una estrategia agresiva de crecimiento inorgánico, la cual mediante fusiones y adquisiciones ha logrado posicionarse como una empresa relevante en el mercado, acelerando su camino a convertirse en una productora importante a nivel global.

Anglo American es otro ejemplo de empresas que ingresan a jurisdicciones más riesgosas buscando mecanismos de crecimiento inorgánico. La compañía firmó el 2018 un contrato de opción de compra y empresa conjunta por el proyecto Pegasus en Ecuador, propiedad de la empresa canadiense Luminex Resources. Este acuerdo establece un mecanismo bajo el cual Anglo American accede a porcentajes de participación en el proyecto, a cambio de cumplir hitos de inversiones en exploración y pagos en efectivo a la empresa dueña del proyecto (Luminex Resources, 2018).

Glencore no desarrolla trabajos de Exploración Básica, por lo que sus movimientos en exploraciones están dados por la adquisición de porcentajes de participación. Este es el caso del Proyecto Mara en Argentina (Glencore, 2022), antiguamente conocido como Agua Rica. En 2022 adquieren el 18,75% de participación que se encontraban en manos de Newmont Corporation, alcanzando el 43,75%, quedando la parte restante aun en manos de Yamana Gold, empresa que opera y controla el proyecto. En este caso vemos a Glencore buscando consolidar su propiedad en un proyecto avanzado.

En cuanto a Southern Copper, no es mucho lo que se pudo recabar, salvo la compra el año 2018 del Proyecto Michiquillay en Perú, el que consiste en un proyecto en etapa de factibilidad que debería entrar en producción el año 2025.

Los últimos movimientos de Teck Resources en Latinoamérica se dan en Chile, con un acuerdo de opción de compra firmado el año 2022. Se trata del Proyecto Loreto, propiedad de la compañía junior australiana Golden Rim Resources. El proyecto se encuentra en fase de exploración inicial, en el que Teck apuesta por lograr un 75% de participación en base a pagos escalonados y gastos de exploración (Golden Rim, 2022).

Finalmente, la empresa Vale no registra públicamente contratos que impliquen un crecimiento inorgánico en la región estudiada.

10. EFECTOS DE LA PANDEMIA EN LAS ESTRATEGIAS DE EXPLORACIÓN

10.1. Industria Minera Durante la Pandemia

Latinoamérica fue una de las regiones que más sufrió con las distintas oleadas de contagios de la Covid-19. En el mes de marzo del 2020 comenzaron a aparecer los casos, desencadenándose un explosivo aumento de casos positivos y fallecidos que provocó una fuerte reacción de parte de los gobiernos, decretando severos confinamientos en su mayoría. Estas reclusiones forzadas de la población afectaron a todas las fuentes productivas, incluyendo sin dudas a la minería.

La importancia de la minería en cada una de las jurisdicciones provocó que casi todos los países de Latinoamérica, a excepción de México, considerara a la minería como una labor fundamental desde el inicio de la pandemia (Jowitt, 2020). Adicionalmente los países decretaron el cierre de fronteras, generando una brusca contracción de la actividad económica a nivel global.

En Chile, el Estado declara a la minería como una actividad esencial, generando protocolos que buscaron mantener la continuidad operacional de las faenas, mientras que, en el Perú, luego que se declara Estado Nacional de Emergencia, se estipula de forma taxativa la suspensión de todas las actividades económicas que no son críticas, incluyendo dentro de estas a la minería. Sin embargo, dentro de un par de días se logró acordar que la gran minería estaría exenta de cumplir con esta medida (Benites y Bebbington, 2020), mientras pudieran evitar los contagios internamente, manteniendo condiciones de resguardo a la salud de sus trabajadores.

En el caso de Brasil la situación fue distinta, pues no existieron medidas de confinamiento por parte del Gobierno Federal, dejando la definición de restricciones en manos de los municipios locales, los cuales en general aplicaron medidas de confinamiento y limitaciones a viajes. De cualquier manera, la minería fue considerada como una "actividad importante", permitiendo su funcionamiento durante la pandemia (Giese, 2022).

La gran mayoría de operaciones mineras se ubican en zonas remotas, lo cual podría considerarse como una ventaja, pues los sitios se encuentran aislados naturalmente, pudiendo establecer barreras sanitarias con bastante facilidad, manteniendo a sus trabajadores aislados socialmente. Sin embargo, también esta situación conlleva aspectos negativos, pues ante el hecho de que la

salud de algún trabajador se complicase, la lejanía con centros de atención hospitalaria avanzada complicaría la esperanza de vida de los enfermos.

Luego de ese caos inicial, las compañías se enfocaron en sustentar sus operaciones mineras el resto del año, desarrollando una serie de nuevos protocolos que aseguraran la salud y seguridad de los trabajadores, con un foco casi total en los planes de continuidad operacional en las fases mina, planta y puerto, dejando a la exploración minera en una segunda prioridad.

La pandemia puso a prueba a toda la industria, sin embargo, esta demostró una gran resiliencia, no solo diseñando planes con medidas para prevenir los contagios en las faenas mineras, sino que implementando el teletrabajo para aquellos funcionarios que no requerían estar físicamente en faena.

En definitiva, las compañías no sufrieron mayormente por las restricciones dictadas por los gobiernos, sino que primaron aspectos asociados a las dificultades logísticas y de suministros, además del resguardo a la salud de sus trabajadores o comunidades locales. Es por esto que las compañías tomaron decisiones respecto a sus proyectos de exploración basándose en su situación particular (Jowitt, 2020), variando significativamente tales decisiones de empresa a empresa o incluso proyecto a proyecto.

Contra todo pronóstico, prácticamente todas las compañías lograron mantener su producción, a la vez que exhibieron una mejora en la eficiencia operacional, sumando una impensada reducción de costos en algunos casos. También la pandemia fue aprovechada para acelerar los planes de innovación.

Una vez que superada la emergencia sanitaria de los primeros meses, las empresas tuvieron posibilidades de aportar a las comunidades locales, ayudando en el testeo y detección temprana de nuevos contagios, así como también apoyar a centros de salud comunitarios entre otras actividades (Codelco, 2020; Vale, 2020).

10.2. Exploración Minera Durante la Pandemia

Si bien la exploración es parte del proceso minero, las distintas regulaciones que surgieron a raíz de la pandemia permitían el desarrollo de las actividades que aseguraran la continuidad operacional, incluso en algunas de estas normas se incluía el concepto de los roles críticos. Esta zona gris generó incertidumbre, pues se entendía que la exploración formaba parte de la cadena minera y por ende estas actividades sí podían ser desarrolladas.

Típicamente en exploraciones mineras los profesionales se desplazan por distintas jurisdicciones, por lo que las restricciones al libre tránsito internacional afectaron el libre desplazamiento de especialistas internos y externos a través de los países, probando que estos expertos no pudieran visitar los proyectos y por ende no entregar sus recomendaciones y pasos a seguir.

Otro aspecto que fue motivo de preocupación en las compañías, es el hecho de que la exploración minera comúnmente posee un fuerte componente de relacionamiento comunitario. Es por este motivo que algunas compañías se vieron obligadas a suspender temporalmente sus proyectos de exploración, debido al riesgo que conllevaba el funcionamiento del proyecto para la salud de los comuneros, los cuales de forma directa o indirecta interactúan con los proyectos.

De acuerdo con la evolución de los presupuestos de exploración, es fácil constatar el efecto que provocó la pandemia en las empresas, donde prácticamente todos los países ven reducida la ejecución presupuestaria que están destinadas a sus jurisdicciones, aunque Chile, Ecuador y Perú son los países más perjudicados. Las actividades de exploración básica se ven afectadas durante el 2020, pero es la exploración entorno mina la que sin dudas se ve más impactada, pues estas actividades son intensivas en recursos humanos, además que requieren de suministros para poder operar la maquinaria. Por ejemplo Antofagasta Minerals vio reducida la perforación de sondajes en un 50% aproximadamente en comparación al año anterior (AMSA, 2020), principalmente esta reducción ocurrió en varios de los proyectos en el entorno mina del Distrito Centinela, señalando además que producto a las restricciones por la pandemia, se realizaron más evaluaciones de escritorio, con la finalidad de generar nuevas oportunidades a través de la aplicación de derechos mineros, así como también mediante de acuerdos con terceros.

Las compañías se vieron obligadas a priorizar sus proyectos, con la finalidad de concentrar los esfuerzos en los mejores, lo que obliga a ajustar planes y cerrar o diferir proyectos. Dado que la realidad de los proyectos de exploración difiere bastante a una operación, los que equipos de exploraciones fueron en la búsqueda de expertos sanitarios, generando protocolos estrictos para seguir trabajando en los proyectos, incluyendo testeos, seguimientos de salud y burbujas sanitarias durante los traslados. Además, esta situación generó la necesidad de realizar una completa revisión de las logísticas asociadas a los proyectos, para así detectar cualquier espacio donde la probabilidad de contagio aumentase. Todas estas nuevas medidas provocaron que los servicios se encarecieran en un 20% (Vergara, 2022), lo que se suma a una escasez de mano de obra técnica especializada y al atraso en el abastecimiento de productos y servicios.

Las ayudas gubernamentales ofrecidas para paliar la crisis económica provocaron que mucha mano de obra especializada en las complejas labores técnicas de sondajes se volviera escasa, sumado al temor a contagiarse o a dejar a la familia sola en estas circunstancias adversas, generando múltiples problemas en la ejecución de las campañas de sondajes. A esto se suman las dificultades asociadas al encarecimiento de bienes y servicios, influenciados por el ciclo inflacionario de carácter global, además de la crisis de las cadenas de suministros.

Cabe destacar la capacidad de adaptación de la industria a estas nuevas condiciones altamente desafiantes, pues hubo empresas que tuvieron que lidiar con suspensión de actividades en terreno por varios meses, retomando los trabajos una vez que los riesgos de la pandemia estuvieron mejor comprendidos y evaluados e incluso cuando los protocolos ya se encontraban funcionando.

10.3. Efecto de la Pandemia a Mediano Plazo

La pandemia ha provocado cambios en cómo se evaluaban los riesgos dentro de la exploración, incorporando a la pandemia como un riesgo del negocio. Sin embargo, son las consecuencias económicas originadas por la pandemia las que gatillaron problemas a corto plazo y eventualmente estos podrían extenderse a mediano plazo.

Lo que es evidente, son la necesaria mejora de los estándares y condiciones de trabajos en terreno, los que mejoraron a raíz de la pandemia, acentuando la mejora que se venía observando en el mundo pre-pandémico. Los campamentos de exploración han visto la necesidad de contar con espacios que permitan mantener cierta distancia social, así como también aislar los casos sospechosos para evitar contagios masivos en los proyectos. Esto evidentemente provoca que estas unidades aumenten su costo efectivo.

Como fue detallado anteriormente, los exploradores son profesionales que requieren desplazarse con libertad a través de las distintas jurisdicciones, pues es común encontrar equipos de exploraciones multiculturales, donde incluso algunos profesionales poseen residencia fuera del país donde se están desarrollando los trabajos. En este sentido las compañías van a privilegiar a contratación de mano de obra local por sobre mano de obra con domicilio en el extranjero, dadas las dificultades observadas en este periodo.

Las universidades que dictan geología se vieron en la obligación de posponer las actividades en terreno, retrasando o suspendiendo indefinidamente aquellas materias o conceptos claves que solo pueden ser impartidos en el campo. Algunos conocimientos críticos fueron compartidos a través de clases en línea (Rotzien et al., 2021), por lo que aún está por verse el efecto que esta disrupción provocará en las generaciones que se enfrentaron a este desafío. La pandemia originó el retraso en el egreso de al menos un par de generaciones, pudiendo eventualmente incitar una desestabilización del mercado de nuevos profesionales que ingresan a la industria de la exploración.

Otro aspecto relevante es la tendencia de algunas compañías de mantener el teletrabajo para aquellos funcionarios que no requieren estar físicamente en algún lugar, sea la oficina o los mismos proyectos. De mantenerse esta tendencia, existirá un mayor distanciamiento entre los equipos in situ, dominados típicamente por los geólogos, analistas de campo y asistentes, mientras que los teletrabajadores, como analistas de servicios, contratación, recursos humanos, logísticos y de información entre otros, irán perdiendo la capacidad de saber lo que realmente ocurre en los proyectos.

La pandemia también ha provocado un impulso importante en automatizaciones de procesos, desarrollos de ingeniería de exploración, incluyendo visores territoriales, análisis *big data* y *machine learning*, así como también de elementos tecnológicos (Aaisyah et al., 2021), como la aplicación de vehículos aéreos no tripulados (UAV), los cuales ya se han venido utilizando con éxito para levantamientos geofísicos, sin embargo el desarrollo tecnológico apunta a la

aplicabilidad para observaciones hiperespectrales a distintas escalas y con una excelente resolución, minimizando el tiempo de exposición de los operadores-geólogos a condiciones ambientales.

Mismo efecto se ha producido en la tendencia a la automatización de procesos, sobre todo aquellos que son sensibles a la disponibilidad de recursos humanos, como por ejemplo la perforación de sondajes, que corresponde a una parte esencial del proceso de exploración. Nuevas tecnologías basadas en sensores permiten detectar y analizar minerales en terreno, incluso en la misma plataforma de sondajes, brindando disponibilidad de datos en tiempo real para informar las decisiones de exploración.

La exploración minera es considerada como una actividad que es inherentemente flexible, debido a que dada su naturaleza de ser una inversión que convive con una alta incertidumbre, cuyo avance en las distintas etapas dependerá mayormente del éxito de las campañas de exploración. Sin embargo, la pandemia deja planteada la necesidad de flexibilizar aún más los planes de trabajo, incorporando incertezas durante el desarrollo de estas, simplificando cadenas de decisión y capturando valor sobre todo al inicio de los procesos.

11. CONCLUSIÓN

La exploración minera posee distintas aristas, siendo la mayoría de ellas celosamente resguardada por las compañías, con la finalidad de aprovechar las escasas ventajas comparativas que pueden tener sobre la competencia. A pesar de lo anterior, y como he relatado anteriormente, estas estrategias pueden quedar en evidencia a través de múltiples formas que poseen un carácter público. De esta manera, las evidencias pueden reflejar la estrategia de la compañía, tales como los tipos de actividades de exploración, el ciclo de la exploración minera y su riesgo asociado, la madurez geológica de una jurisdicción, las políticas y leyes aplicables a la minería, el sistema de amparo de los derechos mineros, impuestos y regalías, disponibilidad para hacer negocios y compartir el riesgo de la exploración, entre otros.

Sin lugar a duda Latinoamérica sigue siendo una región atractiva para la exploración minera, lo que se evidencia en la presencia de las empresas más importantes que exploran por cobre. De acuerdo con lo observado en los presupuestos de exploración es posible constatar que la actividad ha aumentado sustancialmente durante los últimos años, sin embargo, estos trabajos no se han traducido en resultados concretos de carácter público, configurando sin lugar a duda una crisis en el modelo de exploración.

Es interesante notar que, de los cinco mayores descubrimientos a escala global durante este periodo, dos se han producido en Ecuador, transformándose en una jurisdicción emergente que ha logrado atraer a grandes empresas durante el último tiempo. Hasta el año 2017 se identifica cierta tendencia que permite correlacionar los montos asociados a los presupuestos en la región

y su correspondencia con los descubrimientos reportados, aunque esta relación no es para nada perfecta.

Otro aspecto relevante es que una buena parte de los descubrimientos provienen de Chile, país que es destino principal indiscutido de las inversiones en exploración, aunque cabe hacer notar que la mayoría de estos depósitos ocurren a partir de actividades en el área *brownfield* de depósitos ya conocidos. En el caso de Ecuador, los descubrimientos se produjeron a partir de actividades de exploración básica en ambiente *greenfield*.

Dentro de las empresas estudiadas es posible identificar a dos compañías que son las responsables de la mayoría de los descubrimientos: Codelco y Antofagasta Minerals. La primera reporta descubrimientos en ambiente *brownfield* en Chile y Ecuador, mientras que la segunda lo hace solo en Chile, tanto en el ambiente *brownfield* del Distrito Centinela, como en *greenfield* en la zona central de aquel país.

No fue factible reconocer a alguna compañía que no sufriera los vaivenes de los presupuestos de exploración en este periodo. Por ejemplo, para la región Anglo American sostuvo variaciones interanuales positivas de hasta casi tres veces el presupuesto del año anterior, mientras que las negativas fueron más graduales, no superando el 25% del recorte en base al año anterior. Empresas como Rio Tinto, Antofagasta Minerals, BHP, First Quantum Minerals y Glencore (Xtrata) mostraron aumentos interanuales significativos, alcanzado el doble del presupuesto del año anterior, mientras que las fases recesivas de inversión fueron de una magnitud ligeramente menor. En el caso de Vale, esta compañía presenta variaciones interanuales menores que las otras compañías, alcanzando incrementos de hasta un 40% del presupuesto del año anterior y disminuciones cercanas al 60%, posicionándose como una de las empresas que menos variaciones tuvo, sobre todo a partir del año 2012.

Sin lugar a duda, Codelco se posiciona como la empresa que tuvo más persistencia en sus niveles de inversión en exploración, manteniendo varios años de estabilidad, seguido por cambios importantes en la inyección de recursos, similares en magnitud a los cambios enfrentados por otras compañías, pero ya no anuales, sino que en el caso de Codelco ocurrieron cada tres a cinco años.

Los presupuestos de exploración pueden ser una excelente herramienta para identificar cambios en la estrategia de una compañía, por ejemplo, se observa un cambio de magnitud de los presupuestos de la empresa Freeport McMoran después del 2014, reduciéndose hasta la mitad de la inversión disponible de un año para otro, siguiendo más o menos constante hacia adelante. Mientras que el caso de Southern Copper es bastante similar, pues a partir del año 2017 los presupuestos aumentaron más de dos veces, manteniéndose en niveles altos.

Todo esto lleva a pensar, que Codelco posee un elemento diferenciador que podría ayudar a explicar el éxito de este último periodo, dado por la constancia en el nivel de inversiones de exploración, mientras que para Antofagasta Minerals pareciera no ser tan así, pues la compañía

logró entregar resultados positivos de sus exploraciones, aun cuando sus presupuestos sufrían variaciones importantes, como el resto de las compañías que operan en América Latina.

Cabe hacer notar que los órdenes de magnitud entre empresas pueden llegar a ser bastante significativos. Por ejemplo, el año 2011 se reporta que BHP invirtió más de tres veces el presupuesto de Antofagasta Minerals y casi seis veces el presupuesto de Teck, no obstante, en esos años solo se reportan descubrimientos por parte de Antofagasta Minerals. El 2010 Vale invirtió tres veces más que Codelco en América Latina, sin embargo, esta última empresa fue la que reportó resultados positivos en el periodo. Dado lo anterior, es claro que no necesariamente un alto nivel de inversión en exploración va a asegurar un descubrimiento, a pesar de que esto pueda ser un contrasentido para la industria, pues suele simplificarse la relación entre nivel de inversión y entrega de resultados positivos de los programas de exploración. A pesar de lo expresado anteriormente, si es posible señalar que parece necesario mantener cierto nivel de inversión en exploración, que permita continuar con los programas de exploración que se podrían traducir en un descubrimiento a futuro, aunque no pueda ser asegurado.

Lamentablemente no fue posible profundizar sobre las diferencias de cómo las compañías manejan la gestión del conocimiento, siendo este uno de los elementos diferenciadores para varios autores. La realidad es que, en términos generales, la industria minera ha estimulado la creación de servicios tercerizados y la exploración minera no ha estado ajena a este movimiento, provocando que algunos trabajos asociados a su actividad medular recaigan en personal contratista, el cual generalmente debe lidiar con contratos a corto plazo y sueldos menores a los que ostentan los funcionarios de la compañía. La implementación de una correcta estrategia de exploración dependerá en gran medida de las capacidades que tenga el equipo técnico, pues serán ellos quienes deben tomar las decisiones cotidianas durante la ejecución de los trabajos en el campo.

Existe una tendencia al consenso sobre el impacto que tiene la creciente burocracia interna de las compañías, así como también el cumplimiento de rigurosos programas de cumplimiento de normativas estrictas. Al no ser posible establecer rasgos diferenciadores sobre la importancia que le dan las distintas compañías a estos aspectos, por lo que no se logró asociar los casos de éxito con alguna situación particular que permita explicar los descubrimientos a través de este elemento.

El análisis de las actividades de exploración básica reportadas anualmente por S&P Global en los distintos países ha permitido realizar conjeturas sobre las estrategias de exploración de las compañías. La gran mayoría de las empresas estudiadas han mantenido programas de exploración activos en Chile y Perú durante todo periodo estudiado, privilegiando el desarrollo de actividades de exploración básica en jurisdicciones geológicamente maduras y con bajo a moderado riesgo país. Adicionalmente es posible reconocer cierta inestabilidad en el desarrollo de programas de exploración básica en países más inmaduros y/o con moderado a elevado riesgo

país, como Argentina o México, pues son varias las compañías que suspendieron sus programas en aquellos países.

El caso de Ecuador es peculiar, pues a pesar de mantener niveles altos de riesgo país, los resultados geológicos de los programas de exploración en el país han logrado motivar a las compañías a tomar más riesgos, observando la presencia de cuatro de estas compañías durante los últimos años.

Ahora bien, los casos de éxitos reportados provienen principalmente de Chile y Ecuador, por lo que es de sentido común que las compañías tomaran la decisión de privilegiar sus actividades en países que han venido entregando resultados positivos para la industria.

La presencia y estabilidad de los programas de exploración en distintas jurisdicciones si parece tener un efecto en los descubrimientos, pues mientras empresas como Antofagasta Minerals o Codelco han mantenido sus esfuerzos concentrados en pocas jurisdicciones, situación que les permitió proyectar actividades de exploración básica por varios años, logrando el conocimiento y madurez geológica necesaria de sus programas de exploración para gatillar resultados positivos, sobre todo considerando a estos países como regiones geológicamente maduras y con bajo a moderado riesgo país, aunque no debe olvidarse que estos resultados positivos son en su mayoría programas asociados al entorno de sus operaciones mineras activas en el país.

En general los países con alto nivel de riesgo país y baja madurez geológica han alojado programas de exploración básica acotados en el tiempo. Las razones del cierre y cancelación de estos programas pueden ser variables y dependerá de cada compañía, sin embargo, se puede especular que las condiciones de aquellos países no permitieron el correcto funcionamiento de las compañías o su proyección en esa circunscripción no era promisoría.

Otro aspecto fundamental es el régimen de propiedad minera que impera en las jurisdicciones donde operar las compañías, pues esto provoca una justificativa importante en la inclinación de un desarrollo orgánico o inorgánico en cada jurisdicción. En este sentido, es posible definir ambos caminos como exitosos y válidos para alcanzar un descubrimiento, sobre todo en ambiente *greenfield*, donde existe una fuerte competencia por la propiedad minera en franjas altamente prospectivas en países maduros, mientras que, en otras jurisdicciones emergentes es la única forma de acceder a los derechos mineros, como lo que actualmente ocurre en Ecuador, donde el catastro de derechos mineros se encuentra congelado desde hace varios años.

Finalmente, el efecto de la pandemia de la Covid-19 tuvo un efecto acotado al periodo de cuarentena decretado por cada uno de los países latinoamericanos. Se reconoce una fuerte resiliencia de las compañías para enfrentar las consecuencias que la pandemia tuvo sobre las actividades en terreno, lo cual fue sobrellevado con la adopción de estrictos controles de salud, que permitió retomar las actividades presenciales y el avance de los programas de exploración. Estos niveles de cierta normalidad ocurren a pesar de que la Organización Mundial de la Salud aun no da por superada la pandemia.

Definitivamente la pandemia ha permitido acelerar la automatización de ciertos procesos, sin embargo, los resultados de ello podrán verse más adelante.

A modo de resumen y con la finalidad de resaltar los hallazgos, es posible identificar los siguientes aciertos que podrían explicar los descubrimientos realizados por las compañías analizadas durante el periodo de estudio:

- Es necesario mantener un nivel de inversión acorde a la estrategia de exploración, de manera tal que permita dar continuidad a los programas de exploración a través de los años, aun cuando los presupuestos de exploración varíen significativamente de un año a otro. Un nivel mínimo de presupuestos permitirá la persistencia de los programas de exploración junto con la mantención de sus equipos, aun cuando estos no necesariamente se traducirán en descubrimientos para la compañía.
- Se comprueba que no se trata solo de disponibilidad de dinero para poner en marcha los programas de exploración, pues grandes inversiones no se traducen en grandes descubrimientos.
- No se cuenta con la información necesaria que permita establecer si la gestión del conocimiento fue un elemento relevante a la hora de explicar los descubrimientos relevantes del periodo estudiado.
- La selección de las jurisdicciones donde se desarrollarán los programas de exploración si parece tener impacto en los resultados, pues si bien los países con bajos niveles de madurez geológica ofrecen buenas oportunidades de obtener resultados significativos para la industria, sin embargo, estos suelen tener asociado un riesgo país elevado, complejizando el desarrollo normal de los programas de exploración. Se evidencia en estos casos, que los programas de exploración básica tuvieron periodos de ejecución acotados, terminando en su mayoría en periodos menores a cinco años, lo que eventualmente podría explicar el escaso éxito de ellos.
- Se reconocen compañías que apostaron por la ejecución de programas de exploración en los mismos países, sin lograr los resultados esperados, por lo que este parece ser un factor relativo, pues no necesariamente esa fórmula se demuestra cierta.
- Existen descubrimientos relevantes que provienen tanto de ambientes *brownfield* y *greenfield*. En este último ambiente fue posible identificar un ligero predominio de descubrimientos que se explican a través de estrategias de negocios alineadas a un crecimiento inorgánico, por sobre éxitos derivados de estrategias de crecimiento orgánico de las compañías. Esto refleja la importancia de establecer un equilibrio competitivo de estos dos aspectos dentro de la estrategia de exploración que adopten las corporaciones.

12. BIBLIOGRAFIA

Almeida, M. (2019). "Estudio de caso sobre la gobernanza del sector minero en el Ecuador", Documentos de Proyecto, Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). 117p.

AMSA. (2020). Annual Report 2020.

AMSA. (2022). Comunicado de prensa: "Antofagasta Minerals anuncia importantes avances en la exploración de dos nuevos yacimientos". www.aminerals.cl.

Aaisyah, D., Sahari, S., Shah, A., Qadir, A., Prasanna, M. & Shalaby, R. (2021). COVID-19 as an opportunity to make field-based earth sciences and other similar courses easily accessible and affordable. In Environmental Resilience and Transformation in Times of COVID-19. Elsevier. pp. 333–342.

BCG. (2015). Tackling the Crisis in Mineral Exploration. <https://www.bcg.com/publications/2015/metals-mining-sustainability-tackling-the-crisis-in-mineral-exploration>

Benites, G. & Bebbington, A. (2020). Political settlements and the governance of Covid-19: mining, risk, and territorial control in Peru. *Journal of Latin American Geography*. 19 (3), 215–223.

Brown, G. (2014). "Anglo American Exploration: Key Ingredients to a Decade (1999-2010) of Success", *Building Exploration Capability for the 21st Century*, Karen D. Kelley, Howard C. Golden (Eds).

Calibre Mining. (2020). Press Release: "Calibre and Rio Tinto Exploration enter into agreements and strategic exploration alliance for Nicaragua. Website calibremining.com

Castillo, E. (2021). The impacts of profit-based royalties on early-stage mineral exploration. *Resources Policy Journal*. Volume 73.

Castillo, E. y Roa, C. (2021). Defining geological maturity: the effect of discoveries on early-stage mineral exploration. *Resources Policy Journal*. Volumen 74.

Chaparro, E. (2002). Actualización de la compilación de leyes mineras de 14 países de América Latina y el Caribe. Volumen 2. Eduardo Chaparro A. (Compilador).

Chile Explore Report. (2022). Artículo: "Colombia siembra incertidumbre con reforma contradictoria". Publicación N° 118. Diciembre 2022. Chile Explore Group.

Codelco. (2018). Memoria Anual 2018. <https://www.codelco.com>.

Codelco. (2020). Memoria Anual 2020. <https://www.codelco.com>.

Codelco. (2021). Comunicado de prensa: "Codelco solicita arbitraje con Ecuador a la Cámara de Comercio Internacional". <https://www.codelco.com>.

Cochilco. (2016). Franjas metalogénicas de los Andes centrales: blancos clave para la exploración minera. Santiago de Chile: Dirección de Estudios y Políticas Públicas.

Doguett, M. (2000). Exploration in the new millennium: Will it be profitable?: Paper presented at the Prospectors and Developers Association of Canada Annual Meeting. 6 p.

EY. (2020). Análisis comparado de carga tributaria en algunos países mineros. https://consejominero.cl/wp-content/uploads/2021/03/01.06.2020_ActualizacionEstudio-Comparado_Cargas-Tributarias_Consejo-Minero_VF.pdf

EY. (2022). Los 10 principales riesgos y oportunidades de la minería en 2023. https://www.ey.com/es_gt/mining-metals/risks-opportunities

Fernandes, R. (2018). "Anglo American 'encouraged' by drilling results from copper asset in north Brazil". Mining.com Newsletter. <https://www.mining.com/anglo-american-encouraged-drilling-results-copper-asset-north-brazil/>

Filo Mining Inc. (2022). Press Release: "Filo Mining Announces C\$100 Millions Strategic Investment by BHP". <https://filo-mining.com/news/filo-mining-announces-c-100-million-strategic-inve-122592/>

Fréaut, R. (2021). Cátedra Fundamentos Mineros I. MBA Minero. Universidad de Chile.

Foro Intergubernamental sobre Minería, Minerales, Metales y Desarrollo Sostenible - IGF. (2020). Evaluación del Marco de Políticas Mineras en Panamá. Publicado por International Institute for Sustainable Development, Canadá.

Gandhi, S. & Sarkar, B. (2016). Essentials of Mineral Exploration and Evaluation. Elsevier Publication. p. 422.

Giese, E. C. (2022). Strategic minerals: Global challenges post-COVID-19. The Extractive Industries and Society. Volume 10. Art. 101113.

Giglio, S. (2022). ¿Están explorando las principales empresas mineras? Exploration Forum. Cesco Week Santiago 2022.

Glencore. (2022). Press Release: "Glencore to acquire Newmont's 18.75% shareholding in the MARA Project". <https://www.glencore.com/media-and-insights/news/glencore-to-acquire-newmonts-18.75-percent-shareholding-in-the-mara-project>.

Golden Rim. (2022). Press Release: "Golden Rim signs Option Agreement on Loreto Porphyry copper project, Chile". <https://asx.goldenrim.com.au/site/pdf/1566cb56-2ffa-43bc-90bf-56606eafdb98/GMR-signs-option-agreement-on-Loreto-Porphyry-Copper-Project.pdf>

Haldar, S. (2018). Mineral Exploration – Principles and Applications. (Second Edition), Elsevier Publication. p. 374.

Hax, A. y Majluf, N. (1995). Gestión de Empresa con una visión estratégica. Santiago, Chile: Colección Economía y Gestión, Ediciones Dolmen.

Hedenquist, J., Harris, M. & Camus, F. (2013). An Introduction to SEG Special Publication 16* Geology and Genesis of Major Copper Deposits and Districts of the World: A Tribute to Richard H. Sillitoe

Henckens, M. & Worrell, E. (2020). Reviewing the availability of copper and nickel for future generations. The balance between production growth, sustainability and recycling rates. Journal of Cleaner Production, 264, 1-12.

Jara, J., Lagos, G., & Tilton, J. (2008). Using exploration expenditures to assess the climate for mineral investment. Resources Policy, 33(4), 179–187.

Jowitt, S., (2020). COVID-19 and the global mining industry. SEG Discovery. 122, 33–41.

León, M.; Muñoz, C.; Sánchez, J. (2020) La gobernanza del litio y el cobre en los países andinos. Documentos de Proyecto, Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). 173p.

Luminex Resources. (2018). Press Release: “Luminex Resources Announces the Signing of a Binding Earn-in Agreement with Anglo American”. <https://luminexresources.com/news/luminex-resources-announces-the-signing-of-a-binding-earn-in-agreement-with-anglo-american/>

Mining Journal. (2022). “First Quantum, Panama contract talks fail”. <https://www.mining-journal.com/copper-news/news/1445266/first-quantum-panama-contract-talks-fail>.

Mirasol Resources. (2019). Press Release: “Mirasol Signs Agreement to Option its Newly Generated Coronación Copper/Gold Project in Chile”. October 7, 2019. <https://mirasolresources.com/news/mirasol-signs-agreement-to-option-its-newly-generated-coronacion-copper-gold-project-in-chile/>

Ostensson, O., Parsons, B., & Dodd, S. (2014). Comparative study of the mining tax regime for mineral exploitation in Kazakhstan Final Report. World Bank, Washington, DC.

Otto, J., Andrews, C.B., Cawood, F., Doggett, M., Guj, P., Stermole, F., Stermole, J. & Tilton, J., (2006). Mining Royalties: A Global Study of Their Impact on Investors, Government, and Civil Society. The World Bank.

Riverside. (2019). Press Release: “Riverside signs US\$2,000,000 Strategic Funding Agreement with BHP in Sonora, Mexico”. <https://www.rivres.com/news/2019-news/riverside-signs-us-2-000-000-strategic-funding-agreement-with-bhp-in-sonora-mexico>

Rotzien, J., Sincavage, R., Pellowski, C., Gavillot, Y., Filkorn, H., Cooper, S., Shannon, J., Yildiz, U., Sawyer, F. & Uzunlar, N. (2021). Field-Based Geoscience Education during the COVID-19 Pandemic: Planning, Execution, Outcomes, and Forecasts. Geological Society of America. GSA Today. Volume 31.

Sillitoe, R. (2004). "Musings on Future Exploration Targets and Strategies in the Andes", *Andean Metallogeny: New Discoveries, Concepts, and Updates*, Richard H. Sillitoe, José Perelló, César E. Vidal.

Sillitoe, R. (2010). "The Challenge of Finding New Mineral Resources: An Introduction", *The Challenge of Finding New Mineral Resources: Global Metallogeny, Innovative Exploration, and New Discoveries*, Richard J. Goldfarb, Erin E. Marsh & Thomas Monecke (Eds.).

SolGold. (2018). Press Release: "Holdings in Company". <http://ir.q4europe.com/Tools/newsArticleHTML.aspx?solutionID=3676&customerKey=Solgold&storyID=14045933>.

Sprongle, C. & Pichott, S. (2022). Descubrimiento de Nuevos Recursos Geológicos – Continuidad División Gabriela Mistral. Feria de Exploraciones y Minas (Fexmin).

S&P Global. (2019). Copper RRS 2019 — Copper discovery rates remain at 10-year lows, by Kevin Murphy. Global Market Intelligence Research.

S&P Global. (2022). Copper discoveries – Declining trend continues, by Robert Anders. Global Market Intelligence Research.

Tilton, J. & Guzman, J. (2016). *Mineral Economics and Policy*. First edition. RFF Press.

White, N. (2005). Mining geology – exploration C.S. Richard, L.R.M. Cocks, R.P. Ian (Eds.). *Encyclopedia of Geology*. Elsevier. Oxford. 13–623 p.

Vale. (2020). Annual Report. Form 20-F 2020. Disponible en sitio web Comisión de Bolsa y Valores <https://www.sec.gov/Archives/edgar/data/917851/000104746912004389/a2208810z20-f>

Vergara, P. (2022). Exploración de Codelco. Exploration Forum. Cesco Week Santiago 2022.