

## Reportaje



Foto: Sernageomin

GEOLOGÍA Y RESERVAS:

El proceso de la exploración minera permite identificar y evaluar nuevos yacimientos

# Explorar con

nuevas herramientas para sostener el liderazgo minero

**C**hile ocupa un lugar relevante en la minería mundial por la magnitud y diversidad de sus recursos, con minerales clave como el cobre y el litio. No obstante, el contexto actual —marcado por una mayor demanda asociada a la transición energética, exigencias ambientales y la madurez de los yacimientos— plantea desafíos para sostener la producción en el largo plazo, según especialistas del sector.

En este escenario, la exploración se posiciona como un eje estratégico. De acuerdo

con representantes de la academia, organismos técnicos y la industria, esta etapa ha evolucionado hacia un proceso intensivo en datos y tecnología, donde herramientas como inteligencia artificial, sensores avanzados y modelamiento tridimensional permiten reducir la incertidumbre y optimizar la toma de decisiones.

### Tecnologías aplicadas a la exploración geológica

Desde el ámbito técnico-institucional, las transformaciones en exploración se observan

con especial atención en el uso de herramientas avanzadas. Hans Kauffmann, subdirector nacional (s) de Geología de Sernageomin, explica que “actualmente la exploración minera ha evolucionado desde la simple búsqueda de afloramientos hacia la identificación de ‘firmas multivariadas’, que integran información geológica, geoquímica y geofísica. Entre las prácticas más avanzadas destaca la geofísica aérea de alta resolución mediante drones (UAVs). El uso de magnetometría y radiometría montada en estas plataformas permite cubrir grandes extensiones con una densidad de datos imposible de alcanzar mediante métodos terrestres, facilitando la identificación de estructuras

**Drones,** sensores remotos e inteligencia artificial están **transformando la exploración minera, aportando mayor precisión y respaldo técnico** en un contexto de creciente exigencia productiva.



ciegas bajo coberturas post-minerales”.

En esa misma línea de modernización metodológica, el especialista profundiza en nuevas aplicaciones digitales, añade que “se ha incorporado el logueo estructural digital y automatizado, utilizando herramientas como StructMaster y sistemas de escaneo hiperespectral de testigos, que permiten un mapeo más objetivo y reproducible. La identificación de minerales de alteración —como micas y arcillas— mediante firmas espectrales se ha convertido en un complemento clave del mapeo geológico tradicional”. Junto con ello, otras técnicas analíticas comienzan a ampliar el alcance de la exploración tradicional. Según Kauffmann, es “la geoquímica de ultra bajo nivel de detección, que mediante digestiones parciales y análisis de ‘iones móviles’ permite identificar anomalías geoquímicas que han migrado verticalmente a través de cientos de metros de roca estéril o sedimentos aluviales”.

A estas capacidades se suma una dimensión virtual que redefine la interacción con los modelos geológicos: “adicionalmente, se están desarrollando gemelos digitales de exploración, creando entornos de realidad virtual donde los equipos pueden interactuar con modelos geológicos 3D y ‘recorrer’ un yacimiento antes de realizar nuevas perforaciones”, relevó el vocero del servicio.



Más allá de las plataformas, el foco también se desplaza hacia la continuidad y resolución de los datos obtenidos. El subdirector precisa que, “la verdadera revolución radica en el paso desde observaciones discretas hacia flujos de datos continuos, particularmente mediante sensores hiperespectrales de núcleo (core scanning). Sistemas como Corescan o TerraCore permiten identificar ensamblajes minerales a escala milimétrica, entregando parámetros clave —como la cristalinidad de la illita o la sustitución Fe/Mg en cloritas— que actúan como vectores hacia el centro térmico de sistemas hidrotermales”. Desde el mundo gremial, la lectura apunta a una convergencia tecnológica cada vez más transversal. Por su parte, Claudia López, presidenta del Colegio de Geólogos de Chile (CGCh), complementa que existen “nuevas tecnologías que están teniendo un impacto significativo”, como la IA y el machine learning, que “corresponden a algoritmos para analizar grandes

volúmenes de datos geológicos, geoquímicos y geofísicos, identificar patrones y predecir zonas con mayor potencial mineral. Estas herramientas de análisis de datos se han convertido en un apoyo clave para la exploración minera, ya que facilitan la recopilación, procesamiento y análisis de grandes volúmenes de información. Además, permiten el cruce y la estandarización de datos provenientes de distintas fuentes, lo que agiliza la comparación de resultados y mejora la toma de decisiones”.

Este ecosistema digital, además, se fortalece al integrarse con plataformas de análisis territorial. “En conjunto con los sistemas de información geográfica (SIG), sensores remotos, teledetección, software de modelamiento 3D, las diversas tecnologías aumentan la eficiencia de los procesos exploratorios y permiten realizar análisis más complejos en menor tiempo, contribuyendo a una mejor identificación de recursos y a la actualización de los modelos geológicos”, agrega.

*La exploración, apoyada en avances tecnológicos resulta fundamental para mejorar la planificación de proyectos*

**Fecha:** 23-01-2026  
**Medio:** Revista Minería Chilena  
**Supl.:** Revista Minería Chilena  
**Tipo:** Noticia general  
**Título:** Explorar con nuevas herramientas para sostener el liderazgo minero

**Pág.:** 56  
**Cm2:** 511,9

**Tiraje:**  
**Lectoría:**  
**Favorabilidad:**

**Sin Datos**  
**Sin Datos**  
☐ No Definida



De Izq. a Der.:  
 Hans Kauffmann, subdirector  
 nacional (s) de Geología de  
 Sernageomin  
 Claudia López, presidenta del  
 Colegio de Geólogos de Chile  
 Francisco Tapia, académico del  
 Departamento de Geología de  
 la Universidad de Atacama  
 Daniel Boyce, principal  
 geoscientist de Mineral  
 Forecast  
 Orlando Rojas, gerente general  
 de GeoEstima

En el plano académico, la atención se concentra en cómo estas herramientas están abriendo nuevas fronteras exploratorias. Francisco Tapia, MSc. y académico del Departamento de Geología de la Universidad de Atacama, destaca que, en el contexto chileno, por ejemplo, “la tendencia crítica es la exploración bajo cobertura (under cover). Gracias a la integración de IA y geofísica de alta sensibilidad, se está

la tecnología nos está permitiendo identificar zonas de enriquecimiento secundario o bloques desplazados por fallas que fueron omitidos en las décadas pasadas”.

### **Nuevos enfoques en toma de decisiones exploratorias**

Desde una perspectiva aplicada al análisis predictivo, el uso de datos comienza a modificar la toma de deci-

de exploración. Estas predicciones no reemplazan la interpretación geológica, sino que se están incorporando progresivamente como una capa adicional de información, permitiendo contrastar hipótesis y modelos conceptuales con lo que indican los datos”.

Este proceso, sin embargo, se entiende como complementario y no sustitutivo del conocimiento geológico. Boyce subraya que la IA “comienza a ocupar un rol comparable al que tuvieron -en su momento- otras incorporaciones tecnológicas clave en la exploración, como la integración sistemática de la geofísica en las décadas de 1970 y 1980, o la adopción de la geoquímica multielemental por ICP a partir de los años 2000”.

Para el ejecutivo, “una de las tendencias más claras asociadas a la incorporación de metodologías de IA en exploración, es la extracción de una cantidad significativamente mayor de información de los proyectos, y en particular a partir de los testigos de sondaje. Mediante distintos métodos de escaneo, hoy es posible capturar infor-

**Hans Kauffmann:** “Actualmente la exploración minera ha evolucionado desde la simple búsqueda de afloramientos hacia la identificación de ‘firmas multivariadas’, que integran información geológica, geoquímica y geofísica”

logrando ‘limpiar’ el ruido de las gravas en el norte del país para identificar pórfidos ciegos que antes era muy difícil localizar”. Esta aproximación también está permitiendo revisar distritos que parecían exhaustivamente estudiados. El investigador asevera que “una tendencia generalizada es la reinterpretación de distritos maduros. Ya no solo se busca el yacimiento principal;

siones exploratorias. Daniel Boyce, principal geoscientist de Mineral Forecast, sostiene que este proceso ha sufrido cambios, en particular, “las predicciones de áreas de interés generadas mediante IA están, aún de manera incipiente, permitiendo a los geólogos contar con una contraparte basada en datos a la hora de evaluar el potencial de propiedades mineras y definir prioridades



mación de alta resolución, la cual luego es procesada y analizada utilizando algoritmos de IA. Esto ha permitido no solo aumentar el volumen de información disponible, sino también mejorar su consistencia y capacidad de integración con otros datos". "Actualmente, una gran parte de las empresas de exploración ha adoptado algún tipo de escaneo de sondeos asistido por IA, consolidando esta práctica como un nuevo estándar dentro de los programas de exploración modernos", plantea Boyce. Pensando en los próximos años, el énfasis se desplaza hacia la expansión del esfuerzo exploratorio. Orlando Rojas, gerente general de GeoEstima, manifiesta que "además de los factores clásicos, como la ejecución de actividades de exploración en las propiedades mineras sin costos elevados, el acceso a capital de alto riesgo y la focalización en áreas cubiertas, será clave incrementar la exploración greenfield. Esta deberá sustentarse en herramientas tradicionales como geoquímica, geofísica y teledetección, integradas de manera sistemática con metodologías de inteligencia artificial para maximizar su alcance y efectividad".

### Desafíos

Pese a estos avances, los especialistas coinciden en que persisten obstáculos estructurales relevantes. El académico de la Universidad

de Atacama reflexiona que el más crítico "no es tecnológico, es de calidad de datos y talento. Todavía lidiamos con el fenómeno 'Garbage In, Garbage Out': si alimentas una IA con datos históricos mal estandarizados, el resultado será erróneo".

A este diagnóstico se suma una preocupación creciente por el capital humano disponible. El especialista remarca, "persiste la brecha de competencias. Necesitamos geólogos que sean 'híbridos': profesionales que entiendan de algoritmos y geomática, pero que no pierdan el criterio de campo. La tecnología puede detectar una anomalía con mucha precisión, pero la interpretación de la génesis del depósito sigue requiriendo ese 'ojo geológico' experto. Al final del día, por más satélites e IA que tengamos, sigue siendo fundamental la geología de 'bototo, martillo y lupa'".

Desde una mirada gremial, las dificultades también se expresan en el plano normativo. La presidenta del CGCh, opina que "más allá de la necesaria capacitación para integrar adecuadamente estas herramientas en la búsqueda de depósitos minerales, en Chile los principales obstáculos continúan siendo de carácter normativo y estructural. Por una parte, los yacimientos económicamente explotables se encuentran cada vez a mayor profundidad, lo que incrementa la complejidad técnica y los costos de ex-



### Reportaje

ploración. Por otra parte, el desafío más crítico corresponde a la normativa legal y a los extensos procesos de tramitación de permisos". En ese marco, la discusión se traslada hacia la necesidad de generar condiciones habilitantes. López concluye que "el desafío no radica en disminuir los estándares ambientales o regulatorios, sino en avanzar hacia procesos más eficientes, claros y con plazos definidos, que otorguen confianza a la inversión, recuperando condiciones favorables para la exploración, como una legislación estable, incentivos económicos y una política estatal que promueva la exploración greenfield". **mch**

*Mediante distintos métodos innovadores, en la actualidad es posible capturar información de alta resolución*