



Minería regenerativa:

Más allá de la sustentabilidad

Columna vertebral de la transición energética, la minería enfrenta hoy un desafío mayor: evolucionar desde la sustentabilidad hacia un modelo verdaderamente regenerativo, capaz de innovar en sus procesos y generar impactos positivos duraderos en el medioambiente, las personas y los territorios donde opera.

Por Ariana Carrazana, Marcelo Stocker y Mario Sánchez.

Durante las últimas dos décadas, la minería ha recorrido un camino real de madurez ambiental. Los estándares del Consejo Internacional de Minería y Metales (ICMM, por sus siglas en inglés) la irrupción del ESG (Ambiental, Social y Gobernanza), las exigencias regulatorias y el despliegue de energías renovables han permitido avances concretos y necesarios.

Sin embargo, frente a nuevas presiones sistémicas sobre los territorios y los recursos naturales, tensiones sociales, desafíos asociados a la conservación de la biodiversidad y costos y demandas crecientes de metales estratégicos, emerge una pregunta honesta: ¿Basta una minería que solo reduce o mitiga daño? La respuesta, aunque incómoda, es no.

La sustentabilidad o la llamada "minería verde" ha sido clave para contener impactos, corregir desviaciones y cumplir la normativa. Pero contener no es regenerar. La minería regenerativa propone un salto cualitativo: no solo reducir impactos negativos, sino generar beneficios medibles, reconciliando rentabilidad con restauración ecológica y creación de valor territorial. No basta con reducir la huella de carbono; también debemos recuperar el agua,

controlar el material particulado, gestionar residuos que se acumulan, proteger la biodiversidad y, sobre todo, tomar decisiones que construyen futuro y no solo cumplimiento y reportabilidad.

Este enfoque no es un ideal inalcanzable ni un eslogan. Es una forma distinta de diseñar y operar. Implica mover el foco desde la declaración hacia el corazón del negocio que son los procesos operativos y administrativos. Hoy sabemos que la mayor parte de la huella ambiental nace en cómo se diseñan, administran y operan los procesos mineros y metalúrgicos.

Si se rediseña la eficiencia hídrica, se recuperan los minerales valiosos y reactivos que antes se daban por perdidos, si se entiende la hidrodinámica de la lixiviación y la flotación como sistemas biomiméticos vivos, si se cuestionan creencias e inercias técnicas históricas, la huella disminuye desde el origen. La minería sostenible mide carbono; la minería regenerativa trata de transformar los procesos que lo generan. El verdadero salto ocurre cuando se abordan ambos modelos.

Este segundo salto de la minería no busca un lavado de imagen para seguir haciendo lo mismo. Por el contrario, exige cambios reales. Existen ejemplos concretos que lo demuestran, como la

Fecha: 12-01-2026
Medio: Revista Nueva Minería & Energía
Supl.: Revista Nueva Minería & Energía
Tipo: Noticia general
Título: Más allá de la sustentabilidad

Pág.: 67
Cm2: 378,5

Tiraje:
Lectoría: Sin Datos
Favorabilidad: ☐ Sin Datos
☐ No Definida



Foto: Ariana Carrazana

Ariana Carrazana,
CEO de MiningIDEAS.



Foto: Marcelo Stocker

Marcelo Stocker,
gerente de proyectos, ingeniería y gestión de procesos, SPA.



Foto: Mario Sánchez

Mario Sánchez,
profesor adjunto de la UdeC.

recuperación magnética de cobre y oro desde relaves históricos, que permite extraer valor económico adicional, reducir pasivos y disminuir su huella ambiental.

La minería regenerativa también requiere un cambio cultural profundo. Cada elección diaria -de un operador, un jefe de turno o un gerente- puede marcar la diferencia. Por eso, la neurociencia aplicada se convierte en una herramienta estratégica: ayuda a rediseñar hábitos, fortalecer la responsabilidad individual (accountability), mejorar la percepción del riesgo y conectar el trabajo con un propósito mayor. Cuando las personas deciden distinto, la minería cambia de verdad. En este contexto, la inteligencia artificial se transforma en un habilitador clave. No como moda tecnológica, sino como herramienta concreta para una minería regenerativa. Gemelos digitales, modelos predictivos y sistemas de reportabilidad basados en analítica avanzada permiten optimizar el consumo de agua y energía, anticipar fallas, reducir variabilidad operacional y mejorar la calidad de las decisiones humanas. La IA no reemplaza a los profesionales; sino que amplifica sus capacidades, reduce la incertidumbre y acelera los impactos positivos.

Repensar procesos metalúrgicos también es esencial: diseñar una molinenda más gruesa que reduzca consumo

energético y uso de agua, optimizar circuitos antes que sobredimensionarlos o rediseñar flujos para prevenir impactos en lugar de mitigarlos, son decisiones técnicas que generan ventajas competitivas reales. La minería regenerativa no es menos competitiva; bien diseñada, es más resiliente, eficiente y robusta.

Es cierto que la minería provee los metales estratégicos que habilitan energías limpias, electromovilidad y digitalización. Pero esa contribución, por sí sola, no la convierte en regenerativa. Ser columna vertebral del progreso no basta si los procesos siguen dejando cicatrices.

La minería ya dio su primer gran salto de cumplimiento hacia la sustentabilidad. El segundo salto, el que definirá el liderazgo real de la industria, es la minería regenerativa. Un desafío directo para equipos ejecutivos: ir más allá de las buenas prácticas actuales y atreverse a innovar en sus procesos, con impacto positivo para el medioambiente, los trabajadores y comunidades donde operan.

Artículo técnico escrito de manera exclusiva para Revista Nueva Minería y Energía por Marcelo Stocker, gerente de proyectos, ingeniería y gestión de procesos, SPA; Ariana Carrazana, CEO de MiningIDEAS e investigadora en la Universitat de Barcelona y Mario Sánchez, profesor Honorario de la Universidad Andrés Bello (Unab) y profesor adjunto de la UdeC.

La minería sostenible mide carbono; la minería regenerativa trata de transformar los procesos que lo generan. El verdadero salto ocurre cuando se abordan ambos modelos.

ARTÍCULO TÉCNICO

Foto: Antofagasta Minerals



Proveedores de la minería:

Camino a la innovación

La minería y su cadena de proveedores enfrentan el desafío de dejar atrás las sombras de los modelos tradicionales y atreverse a mirar la realidad completa: innovar, desarrollar nuevas soluciones y asumir un rol activo en la transformación tecnológica. Por Cristián Rojas Olivares, jefe Departamento de Innovación y Desarrollo Minero del Ministerio de Minería.

El mito de la caverna de Platón corresponde a una alegoría acerca del conocimiento. Pone de manifiesto la falta que tenemos de este. Para explicarlo, Platón desarrolla una alegoría con un grupo de prisioneros que se encuentran dentro de una caverna. La narración parte con este grupo de prisioneros, los cuales se encuentran encadenados al interior de este lugar. Ellos han permanecido ahí desde su infancia y no conocen más que ese entorno. En la pared, observan la proyección de luz que se genera por un fuego en el otro extremo, proyectándose en ella diversas figuras y siluetas propias de la sombra generada. Platón comenta que uno de los hombres se libera de sus ataduras y comienza a ascender por la caverna. Mientras recorre el camino dificultoso y desconocido comienza a

observar luces, su primer pensamiento es que provienen de un fuego más allá. Al acercarse al origen de esta luz consigue salir de la caverna. El resplandor casi le ciega y por poco le hace volver a entrar. El prisionero logra escapar y observa una luz que no pertenece al fuego, observa los objetos, ya no como sombras sino como reflexiones de esta gran luz que los envuelve. El hombre tiene entonces la posibilidad, además del sol, de ver las estrellas y también la luna. Luego de observar y reflexionar sobre todos estos nuevos fenómenos, el prisionero vuelve a la caverna para comentarle a los otros prisioneros las distintas maravillas que había visto. Los prisioneros pensaron que el viaje le había hecho daño y lo ignoran. Se sienten muy cómodos dentro de su imaginario y no están de acuerdo

Fecha: 12-01-2026
Medio: Revista Nueva Minería & Energía
Supl.: Revista Nueva Minería & Energía
Tipo: Noticia general
Título: Más allá de la sustentabilidad

Pág.: 69
Cm2: 384,4

Tiraje:
Lectoría:
Favorabilidad:

Sin Datos
 Sin Datos
☐ No Definida

con las ideas que plantea el prisionero liberado.

Ahora bien: ¿por qué hace sentido este mito y cuál es su relación con la innovación? La caverna corresponde a nuestra zona de confort, donde no consideramos otros elementos ajenos que podrían modificarla o alterarla. Intentamos mantenernos a como dé lugar en ella, puesto que "estamos produciendo" o "nuestros costos no nos permiten hacer más".

APRENDIZAJES Y LECCIONES

El prisionero que se libera representa las inquietudes propias que puede tener una organización o líder al interior de esta, por ello emprende un viaje, el cual es ascendente y algunas veces áspero, lo que refleja justamente que hacer las cosas de manera distinta no es algo sencillo. En la innovación, el valor se consigue después de un largo camino de aprendizajes, el cual contiene tanto aciertos como errores.

Al igual que el prisionero, al acercarse a algo nuevo hay miedos y preocupaciones porque se enfrentan desafíos y problemas que a veces dificultan aprender nuevas habilidades que permitan salir de un espacio seguro y conocido. Sin embargo, cuando "vemos la luz" -al igual que el prisionero- es cuando se alcanza el conocimiento, la adquisición de nuevas habilidades, entendidas como la generación efectiva de productos, procesos, servicios, entre otros, que permitirán ampliar la zona de confort y obtener experiencia del proceso.

El prisionero, al volver, se encuentra con que todo lo aprendido no es de importancia para los otros. No es considerado porque siguen en su imaginario al interior de la caverna. Esto devuelve al prisionero a una zona del miedo en donde considera que su esfuerzo puede resultar inútil si es que los demás no lo ven como él.

Esto en particular releva aspectos fundamentales de la innovación, muchas empresas se quedan haciendo

más de lo mismo, compitiendo en mercados en que su principal diferenciador es el precio, con escasa tecnología. Por otro lado, la oferta se mantiene en una inercia que le impide ver el valor de incorporar innovaciones que, sin duda incrementarían notablemente su valor.

Es ahí donde es importante destacar el rol que las empresas proveedoras del sector de la minería chilena han jugado para el desarrollo innovador, principalmente las de base científico-tecnológica y startups, así como empresas ya consolidadas que han sofisticado su oferta de valor. Estas empresas han permeado el sistema, recorriendo el camino sinuoso y alcanzando el conocimiento para lograr modificar y mejorar esta industria.

La innovación, como se indicó, no está exenta de dificultades; los costos, los errores que se cometen, muchas veces pueden llevar a desistir; sin embargo, si son controlados, implicarán agregar valor a la solución final tal como dice el famoso lema "equivocarse rápido y barato", permitiendo así desarrollar en el futuro soluciones que impacten positiva y significativamente.

Es ahí donde la implementación de la Estrategia para el Desarrollo de Proveedores de la minería chilena, impulsada por el Ministerio de Minería, buscará promover que cada vez más empresas logren transformar esta industria, se genere desarrollo local, conocimiento y soluciones innovadoras que fortalezcan la industria y, al mismo tiempo, permitan a Chile seguir posicionándose como un país que no solo exporta minerales, sino que exporta minería, es decir, ciencia, tecnología, conocimiento e innovación.

Artículo técnico escrito de manera exclusiva para Revista Nueva Minería y Energía por Cristián Rojas, jefe de innovación y desarrollo minero del Ministerio de Minería.



Foto: Iván Rodríguez

Cristián Rojas,
 jefe de innovación y desarrollo minero
 del ministerio de Minería.

"La innovación, como se indicó, no está exenta de dificultades; los costos, los errores que se cometen, muchas veces pueden llevar a desistir; sin embargo, si son controlados, implicarán agregar valor a la solución final", destaca Cristián Rojas.