

Por: Arturo Aguilar Águila Acuña*

Durante los últimos cuatro mil millones de años los microorganismos han contribuido a darle forma a la tierra, y son los principales responsables de preparar las condiciones ambientales para las formas superiores de vida. Ellos habitan prácticamente en cualquier sitio de la tierra, desde la superficie, hasta varios kilómetros dentro de la corteza y son capaces de soportar

temperaturas que van desde cero grados hasta superiores al punto de ebullición, y ambientes tan extremos en los que ningún otro ser vivo puede sobrevivir. La enorme diversidad de metabolismos con que cuentan los microorganismos los hace candidatos idóneos para llevar a cabo procesos industriales, y la minería es uno de ellos, acuñándose el término “biominería”.

Si bien existen referencias de biomine-

ría desde el antiguo testamento, la época de los griegos y romanos, e incluso existe un manual ilustrado que data de 1556, no fue hasta los años cincuenta que se descubrió que existen bacterias capaces de realizar procesos utilizados en la minería. A partir de entonces se han intensificado los esfuerzos de investigación sobre la utilización de microorganismos en procesos mineros, y actualmente están disponibles comercialmente las tecnologías de biominería.



Uno de los procesos más utilizados actualmente es la biolixiviación, también conocida como biohidrometalurgia, la cual consiste en la utilización de bacterias para producir ácido sulfúrico a partir de sulfuros presentes en el mineral y de esta forma extraer metales de valor, tales como el cobre, uranio, zinc, níquel y cobalto. Otra vertiente de este proceso se conoce como biooxidación, que consiste en la degradación de sulfuros, principalmente pirita y

arsenopirita, en la que el oro y la plata se encuentran encapsulados.

La bacteria más conocida en la biolixiviación recientemente cambió de nombre, ya que en el año 2000, el género *Thiobacillus* fue reclasificado de acuerdo a su fisiología, resultando en tres distintos géneros: *Acidithiobacillus*, *Halothiobacillus* y *Thermithiobacillus* debido a su tolerancia a ácidos, sales y altas temperaturas, respectivamente.

La biolixiviación puede ser implementada tanto en procesos dinámicos como reactores agitados, como en procesos estáticos como los terreros o pilas de lixiviación. Las reacciones que se llevan a cabo durante la lixiviación son exotérmicas, es decir que generan calor, y cuando se llega a altas temperaturas se puede detener la actividad de las bacterias. Una mejora reciente en esta tecnología es la utilización de bacterias termofílicas, las cuales continúan las reaccio-



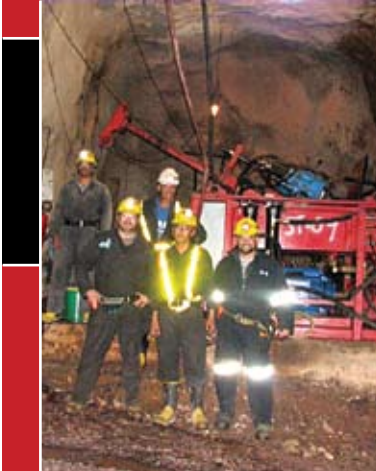
nes aún a altas temperaturas. Entre las ventajas de la biolixiviación respecto a la lixiviación química tradicional encontramos: bajos costos de instalación y operación, bajos niveles de contaminación ambiental, y la posibilidad de tratar minerales de baja ley en los que procesos tradicionales no son económicamente viables.

Otra de las aplicaciones de microorganismos en minería es la biodesulfuración de carbón mineral, que consiste en utilizar microorganismos para eliminar el azufre presente en el carbón sin degradar el carbono, por lo que el valor energético del mineral no se ve afectado. De esta forma el carbón alcanza un valor comercial mas alto y disminuye la corrosión y contaminación que se genera durante la combustión.

Además de ayudarnos en los procesos productivos, los microorganismos también son de utilidad para mitigar los efectos ambientales. Se ha encontrado que algunos

microorganismos son capaces de degradar compuestos tóxicos como el cianuro, que es comunmente utilizado en procesos mineros. Otro de los procesos con potencial de utilización es la bioabsorción de metales pesados, que consiste en aprovechar la afinidad que presentan algunos microorganismos para incorporar metales pesados dentro de ellos.

Uno de los efectos nocivos de los microorganismos en las minas es la formación de drenaje ácido, que no es otra cosa que la oxidación de sulfuros hasta ácido sulfúrico, contaminando cuerpos de agua e incluso mantos freáticos, aunque este fenómeno también puede darse de forma natural a menor escala. Así como existen microorganismos que lo causan, también existen microorganismos que son capaces de llevar a cabo la reacción inversa al proceso, conocida como reducción de sulfatos. Esta tecnología ya ha sido utilizada para restaurar cuerpos de agua impactados

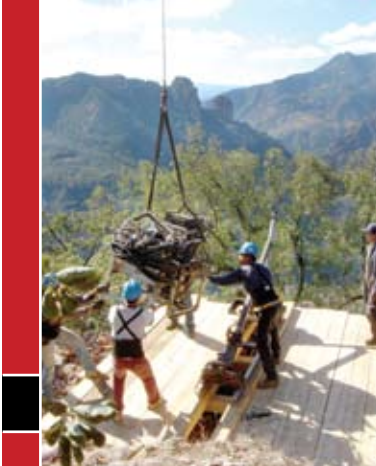


Forage G4 Drilling

G4 Drilling is a young company surrounded by qualified people in order to direct its operations in a manner to meet and even surpass the expectations of our clients.



“Nothing is impossible for G4, we went and drill with success on Agnico Eagle’s Project”



Avenida de las Galaxias No.57 esq. con Vía Láctea Parque Industrial C.P. 83299
Hermosillo, Sonora, México Tel. +1 (662) 251 0627 Fax: +1 (662) 251 0631

www.g4drilling.com

por el drenaje ácido de minas.

Y lo más interesante para la Industria Minera en México es que ya existe una empresa que utiliza, aplica y supervisa estas tecnologías biológicas en beneficio de las necesidades específicas de cada empresa minera, lo mismo en aumento de la recuperación de los valores, control y eliminación de tóxicos y contaminantes, que en remediación de contingencias tales como derrames, y tratamiento de aguas residuales y procesales.

Hemos presentado un panorama de la aplicación de microorganismos en los procesos mineros ya establecidos, sin embargo ¿pueden los microorganismos ayudarnos a encontrar yacimientos de minerales? Por extraño que parezca las bacterias también tienen potencial para la geoexploración.

Estudios recientes llevados a cabo por la Dra. Hongmei Wang en la provincia china de Sichuan, que es famosa por sus

vastos yacimientos auríferos, demostraron que en las regiones con altas concentraciones de oro la proporción de esporas de la bacteria *Bacillus cereus* es mayor que en otros sitios, este fenómeno se debe a que el oro en su forma soluble es particularmente tóxico para esta especie, por lo que para protegerse de este ambiente hostil la bacteria forma esporas, las cuales son muy resistentes a condiciones ambientales adversas.

Si bien este novedoso método no ha sido aprovechado como herramienta para la exploración, las nuevas técnicas de biología molecular tales como la amplificación de genes mediante reacción en cadena de polimerasa (PCR), hibridación in-situ, sondas genéticas, análisis genómicos y metagenómicos, permiten llevar a cabo análisis en corto tiempo y a bajo costo. Posiblemente en un futuro no muy lejano las técnicas geofísicas y geoquímicas para la exploración vendrán acompañadas de microbiología.

