

BIOMETALURGIA

Desde hace una década aproximadamente se ha intentado aplicar los procesos micro – biológicos a la Hidrometalurgia.

El presente trabajo tiene por finalidad promover la investigación pública y privada en un procedimiento, pues ya hay suficientes evidencias de ser apropiado para los tipos de los yacimientos peruanos, la particularidad de las concesiones mineras cupríferas diseminadas, pequeñas, discontinuadas y cercanas. La técnica no es complicada si es que logra formarse una conjunción entre el ingeniero químico o metalurgista y el biólogo y las investigaciones para cada caso particular en función de la mineralización y los materiales de cada región y además se puede hacer en laboratorios medianamente montados. La zona más atractiva para la aplicación de este procedimiento es la faja de la costa peruana desértica desde Supe, Mala, en el departamento de Lima y algunas áreas hasta las alturas de Moquegua y Tacna y en general de la costa peruana.

INTRODUCCIÓN

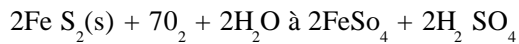
Ha sido corriente en el Perú que por las galerías de drenaje de las minas fluya cobre solubilizado bajo la forma de sulfato; es probable que dicho elemento sean productos de la actividad de bacterias ante la presencia de hierro y azufre que son oxidados o reducidos por una gran variedad de microorganismos en muchos ambientes naturales y dan energía para su crecimiento. El término lixiviación bacteriana significa la incidencia de soluciones que las contienen en las minas “in situ” como en concentrados minerales, y esto ocurre especialmente en los minerales sulfurados; producida la oxidación acuosa de los sulfuros a sulfatos solubles se producen soluciones de carácter ácido que desde antiguo se conocía en minas con las aguas que atravesaban las capas de la mayoría de los yacimientos lógicamente en condiciones oxidantes de aquellas que tenían carácter ácido incorporando los sulfatos y sulfuros al medio acuoso que drenaba de las minas y por supuesto en presencia de bacterias para producir productos bioquímicos de origen mineral como H_2SO_4 y sulfato de cobre (cuproso).

Hay una gran variedad de microorganismos que tienen tal capacidad.

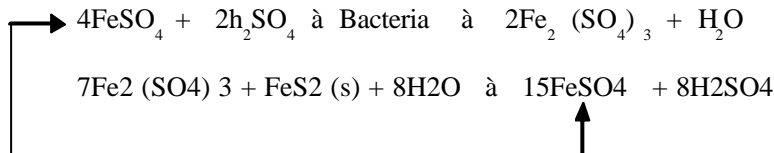
La familia de bacterias *Thiobacillus ferro-oxidans* es autotrófica, es decir, capaz de alimentarse de las sustancias inorgánicas que se encuentran en las aguas naturales de mina, como sales en disolución, sustancias nitrogenadas, CO_2 y O_2 .

La bacteria deriva su energía de la oxidación bioquímica del hierro ferroso en disolución a hierro férrico.

La pirita en presencia de oxígeno y agua se oxida lentamente a sulfato ferroso y ácido sulfúrico.

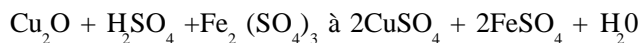


Las bacterias oxidan el hierro aprovechable, actuando como un catalizador, acelerando así la formación de soluciones de sulfato férrico.



Así se establece un ciclo de propagación en el que Fe^{+2} es oxidada a Fe^{+3} , el cual es subsecuentemente reducido por la pirita, generándose de este modo Fe^{+2} adicional y acidez.

El sulfato férrico en disolución de ácido sulfúrico, a su vez, actúa como catalizador de la reacción de oxidación del cobre, reduciéndose a sulfato ferroso y va a servir nuevamente como alimento para la oxidación bacterial:



En los yacimientos óxido – sulfurados, los minerales de hierro, pirita y/o calcopirita, proveerán el necesario combustible para el crecimiento y energía bacterial. En los totalmente oxidados se puede agregar artificialmente cualquier sulfuro de hierro.

En la lixiviación bacterial con Th. Ferro-oxidans se usa en pH óptimo de 2 y una temperatura óptima de 33° C.

En los depósitos óxido-sulfurados de cobre, el azufre también puede estar presente en el estado elemental si estos minerales, con la excepción de la pirita, han sido expuestos a sulfato férrico meteórico. El azufre elemental puesto en libertad es oxidado por la bacteria sulfa-oxidante Th. Concretivorus en presencia de oxígeno y agua a ácido sulfúrico*:



Las bacterias Th. Concretivorus, Th. Ferro-oxidans y Ferrobacillus ferro-oxidans son capaces de oxidar el azufre elemental formado de la oxidación química de los minerales sulfurados de cobre. El ácido producido de esa oxidación contribuirá a la disolución de cobre y prevendrá la precipitación de hierro disuelto dentro de las áreas de lixiviación.

Las bacterias sulfa-oxidantes incrementan la velocidad de producción de hierro férrico en solución en 20 veces la cantidad producida en un proceso estéril. Estas bacterias son capaces de vivir y multiplicarse en relativamente altas concentraciones de cobre disuelto, y pueden ser usadas para lixiviar y recobrar cobre de sus sulfatos o minerales mezclados óxido-sulfurados. El proceso involucra el uso y regeneración continua de un lixiviante sulfato férrico-ácido sulfúrico que ha sido inoculado con bacterias autotróficas hierro-oxidantes tolerantes a relativamente altas concentraciones del cobre.

*Nota: Las ecuaciones que expongo elaboradas en 1958 no difieren prácticamente por las expuestas, mencionando una extensa bibliografía, por un profesor Inglés de la Universidad de Cardiff, trabajo escrito y sustentado cerca al 2000 a la XXI Convención de Ingeniería de Minas en Ica, Perú.

Muy importante es la excepcionalmente rápida manera en que la solución gastada transportada por las bacterias puede ser regenerada industrialmente por mera aereación sin aparatos ni procedimientos caros.

Este es un proceso sencillo que se puede llevar a cabo en la mina, posibilita la recuperación de los constituyentes menores de los minerales en una forma económica y mantiene las pérdidas de agua al mínimo.

Quien sea especialista en tratamientos de lixiviación de minerales con la colaboración de un biólogo puede fácil y económicamente con la bibliografía actual desarrollar una investigación en función de la generación de soluciones de poca utilidad en ingeniería.

Hay innumerables bacterias con capacidad para oxidar tanto el azufre elemental como el de varias especies minerales. Las mejores bacterias para probables fines industriales no se producen en laboratorios, sino aquellas que por selección natural se generan en los propios yacimientos. En laboratorio se han aislado cepas que se pueden desarrollar a temperatura hasta de 85° C, pero sin ninguna utilidad práctica, aunque si son más eficientes sólo sería rentable si es que adjuntó a las plantas de tratamiento hubiera calores residuales, como los que se pueden obtener a partir de los gases de motores de combustión, motores que se utilizan para otras actividades en las plantas de procesamiento. De todas maneras hay que usar combustible suplementario.

Cinética de bacterias:

Microorganismo	FeS ₂	CuFeS ₂	Cu S	Zn S	Ni S	As Fe S
T. ferrooxidans	29	109	224	244	468	53
T. thiooxidans	ND	ND	ND	244	230	ND
L. Ferrooxidans	39	41	46	163	144	23
S. Thermosulfido oxidans	51	86	155	374	381	39
Thiobacillus sp.	49	81	152	361	365	35
Sulfolobus sp.	52	91	177	420	431	41