

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería de Minas

EVALUACIÓN DE LA LIXIVIACIÓN BACTERIANA A PARTIR DE CEPAS MESÓFILAS Y TERMÓFILAS PARA LA RECUPERACIÓN DE ORO EN MINERALES REFRACTARIOS DE ALGAMARCA, 2020.

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniera de Minas

Autoras:

Vania Malca Neyra

Violeta Elizabeth Arrelusea Osorio

Asesor:

Ing. Víctor Eduardo, Alvarez León

Cajamarca - Perú

2021



Tabla de contenidos

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	6
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	7
RESUMEN.....	8
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	9
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	56
CAPÍTULO III. RESULTADOS	63
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	76
REFERENCIAS.....	85
ANEXOS.....	90

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de los drenajes ácidos de mina	23
Tabla 2. Bacterias acidófilas de Interés en la Biolixiviación de Metales	27
Tabla 3. Temperaturas para el crecimiento de las cepas	33
Tabla 4. Bacterias asociadas a la oxidación de Minerales.....	34
Tabla 5. Bacterias asociadas a la Lixiviación de Minerales.....	35
Tabla 6. Componentes del medio 9K	36
Tabla 7. Componentes del medio MKM	39
Tabla 8. Tipos de menas de oro y su tratamiento	47
Tabla 9. Factores y Niveles para el Diseño Experimental.....	57
Tabla 10. Análisis químico de la muestra del mineral aurífero refractario	64
Tabla 11. Temperatura de las muestras de las muestras del mineral con bacterias en columnas..	66
Tabla 12. Concentración de Hierro soluble.....	68
Tabla 13. Valores del Potencial de Oxidación-Reducción (Eh).....	70
Tabla 14. Valores del pH en las muestras	72
Tabla 15. Recuperación de oro mediante biooxidación	74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Representación esquemática de la oxidación, catalizada por la bacteria.	19
Figura 2. Mecanismos directo e indirecto para la solubilización del metal.	22
Figura 3. Formación de aguas acidas de mina.....	25
Figura 4. Ciclo de Existencia de una Colonia de Bacterias.....	26
Figura 5. Micrografía Electrónica de bacterias Sulfolobus Acidophilus donde se observan Endosporas.	31
Figura 6. Diagrama de flujo de recuperación incorporando la pre - oxidación biológica.	42
Figura 7. Columna de Lixiviación.....	45
Figura 8. Clasificación de Refractariedad de Menas de Oro.....	49
Figura 9. Esquema que representa la liberación de la Plata y el Oro	50
Figura 10. Localización de la Minera Algamarca.	63
Figura 11. Recuperación de oro vs. oxidación de sulfuros.....	65
Figura 12. Temperaturas de las muestras del mineral con bacterias en las columnas.....	67
Figura 13. Concentración de hierro.....	69
Figura 14. Valores del Eh en las muestras.	71
Figura 15. Valores del pH.	73
Figura 16. Recuperación de oro por biooxidación.	75

ÍNDICE DE ECUACIONES

<i>Ecuación 1.</i> Reacción de la T, Ferroxidans para la pirita.....	20
<i>Ecuación 2.</i> Solución de Reacción	20
<i>Ecuación 3.</i> Reacción de la T. Ferroxidans para la calcopirita	20
<i>Ecuación 4.</i> Solución de la ecuación de la Calcopirita.....	20
<i>Ecuación 5.</i> Cambio de azufre en ácido sulfúrico por la acción de la cepa Ferroxidans ..	21
<i>Ecuación 6.</i> Reacción de la lixiviación directa para minerales sulfurados.	21
<i>Ecuación 7.</i> Bacteria Cu	21
<i>Ecuación 8.</i> Bacteria CuFeS	21

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la lixiviación bacteriana a partir de cepas mesófilas y termófilas para la recuperación de oro en minerales refractarios de Algamarca. La investigación fue aplicada, experimental a nivel laboratorio y se trabajó con una muestra consistente en cepas de bacterias mesófilas y termófilas, las cuales están asociadas a la oxidación de minerales auríferos refractarios de la mina Algamarca; el cultivo de estas cepas se utilizaron los medios enriquecedores como el 9k y MKM, siendo estos vitales para la solubilización de los sulfuros presentes en la muestra (pirita). La biooxidación del mineral de oro se realizó mediante lixiviación por columnas, las cuales fueron sometidas a diferentes temperaturas durante un periodo de 100 días que duró el tratamiento. De los resultados obtenidos nos permiten concluir que, a mayor oxidación de los sulfuros, la recuperación del oro será mayor, ya que durante el monitoreo de la biooxidación se obtuvo que, en la prueba de recuperación de oro sin el uso de bacterias, este valor fue muy bajo con un 43%, y conforme vaya aumentando el porcentaje de la biooxidación, la recuperación de oro será incrementada, por lo que a un 60% de la oxidación de sulfuros se obtuvo una recuperación de oro de un 93%. También se concluye que la temperatura, Eh, pH y Fe^{+2} , son parámetros muy importantes en el crecimiento de la población bacteriana y de la oxidación de los sulfuros.

Palabras clave: Biooxidación, cepas, mesófilas, termófilas, Eh, pH, Fe^{+2} , Fe^{+3}

NOTA DE ACCESO:

No se puede acceder al texto completo pues contiene datos confidenciales.

REFERENCIAS

- Alvarez, J. (2017). *Evaluación de la Biooxidación de Concentrado Arsenopírrico Aurífero por Pretratamiento con Bacterias Quimiolitotrofas Acidófilas que Mejoren la Recuperación del oro por Cianuración en la Empresa Minera Eminsol S.A Bolivia - 2015*. Obtenido de Repositorio UNJBG: http://repositorio.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/2487/1035_2017_alvarez_cuarite_jm_fain_ingenieria_metalurgica_materiales.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Arias, V., Coronado, R., Puente, L., & Lovera, D. (2015). *Refractariedad de concentrados Auríferos*. Obtenido de Sisbib UNMSM: http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/geologia/vol8_n16/a01.pdf
- Barriga, A. (2019). *Estudio De La Extracción De Oro De Concentrados Refractarios Mediante El Proceso Albión*". Obtenido de Repositorio UNSA: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/9069/IMbavia.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Castro, C. (2016). *Interacción de una arquea termófila con la superficie mineral y su influencia en la biolixiviación de minerales*. Obtenido de <https://www.researchgate.net/>: https://www.researchgate.net/publication/303566403_Interaccion_de_una_arquea_termofila_con_la_superficie_mineral_y_su_influencia_en_la_biolixiviacion_de_minerales

- Codelco. (2017). *Biolixiviación, Bacterias como Piedras*. Obtenido de Codelco: https://www.codelcoeduca.cl/codelcoeduca/site/artic/20190109/asocfile/20190109004857/biolixiviaci__n__media_t__cnico_060119.pdf
- Fernández, P., & Pérez, M. (2007). *Archeobacterias Hipertermófilas: Vida en Ebullición*. Obtenido de Revistas UCM: <http://revistas.ucm.es/index.php/RCCV/>.
- Gamboa, A. (2015). *Evaluación del efecto de la biooxidación como pretratamiento a la cianuración de un mineral refractario del distrito minero Vetas California Santander*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.
- Idrogo, J., Mego, C., Monzón, P., & Sanchez, H. (2017). *Informe de la Mina de Algamarca*. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca.
- Jaque, I. (2012). *Estudio de Lixiviación de Pirita por un cultivo de *Sulfobacillus acidophilus* a 45°C*. Obtenido de Repositorio UChile: http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/104398/cf-jaque_il.pdf?sequence=3&isAllowed=
- López, F. (2014). *Biolixiviación de un Concentrado de MoS₂ con Bacterias Termófilas extremas en nuevos reactores biológicos*. Obtenido de <http://132.248.9.195:> <http://132.248.9.195/ptd2014/febrero/0707998/0707998.pdf>
- Mamani, W. (2018). *Caracterización y Tratamiento de Efluentes de Aguas Ácidas en la Mina La Rinconada*. Obtenido de Repositorio UNAP:

http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/11993/Mamani_Chipana_Wilfredo.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Manuel, D. (2016). *Biolixiviación de Cobre por Bacterias Ferrooxidans a partir de Calcopirita en un sistema de Columnas de Lixiviación por Gravedad*. Obtenido de Repositorio UNSA: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/1826/BImacrdr.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Misari, F. (Octubre de 2016). *Biolixiviación, Tecnología de la lixiviación Bacteriana de Minerales*. Obtenido de Osinergmin: https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/mineria/Documentos/Publicaciones/Biolixiviacion.pdf

Misari, F. (2016). *Tecnología de la Lixiviación Bacteriana en Minerales*. . Obtenido de <https://www.osinergmin.gob.pe/>: https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/mineria/Documentos/Publicaciones/Biolixiviacion.pdf

Morales, A. (2014). *Procesamiento de un Mineral Aurífero Refractario Polisulfurado para la Recuperación de Oro*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.

Pandura, I., & Peña, M. (2015). *Aislamiento de Cepas de Acidithiobacillus Ferrooxidans para la Recuperación de Metales de Minerales Sulfurados*. Obtenido de Repositorio UNCP: <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3745/Pandura%20Trinidad-Pe%C3%B1a%20Quispealaya.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Perez, N. (2016). *Aislamiento y determinación de bacterias biooxidantes del género Acidithiobacillus Leptospirillum presentes en las aguas residuales de las unidades mineras de Recuay – Huaraz*. Obtenido de Repositorio URP: http://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/urp/914/P%C3%A9rez_nm.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Pérez, N. (2016). *Aislamiento y Determinación de bacterias biooxidantes del género Acidithiobacillus yLeptospirillum presentes en las aguas residuales de las unidades mineras de Recuay – Huaraz*. Obtenido de Repositorio URP: http://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/urp/914/P%C3%A9rez_nm.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Reyes, López, Alvarado, & Valencia, R. &. (2016). *Biolixiviación de Minerales Auríferos Refractarios de la Compañía Minera Sayapullo S.A.* Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo.

Rivera, R., Camejo, P., Moya, F., López, J., & Munguía, M. (2011). *Estudio de Biolixiviación de un Mineral de Sulfuros de Cobre de Baja Ley con Bacterias Tio - y Ferro-oxidantes en Condiciones Termófilas*. Obtenido de Revista de Ingeniería UDA.: <http://www.revistaingenieria.uda.cl/Publicaciones/260009.pdf>

Romero, A., & Flores, S. (2 de Junio de 2010). *La influencia de la velocidad de agitación en la lixiviación dinámica de minerales alterados*. Obtenido de Sisbib UNMSM:

http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/publicaciones/geologia/v12_n24/pdf/a14v12n24.pdf

Sampieri, R., Fernández, C., & Baptista, M. d. (2014). *Metodología de la Investigación 6ta Edición*. McGraw-Hill Education.

Santos, R. (2015). *Evaluación de cuatro métodos para la Recuperación del oro a partir de un Mineral Refractario*. Obtenido de Cimav Repositorio Institucional:

<https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/2314/1/ROCIO%20Tesis%20maestria.pdf>

Science for a changing world-USGS. (2016). *Algamarca*. Obtenido de Science for a changing world-USGS: https://mrdata.usgs.gov/mrds/show-mrds.php?dep_id=10007773