



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

“Comparación de los efluentes de lixiviación de los procesos biológico y químico de la calcopirita en la recuperación de cobre en laboratorio 2018”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE

Ingeniera Ambiental

AUTOR:

Conislla Terán, Fabiola

ASESOR:

MSc. Quijano Pacheco, Wilber

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Conservación de Recursos Naturales

LIMA - PERÚ

2018

Página del Jurado

Dedicatoria

*A mis padres, que han sido mi pilar a lo
largo de estos años.*

Agradecimiento

A mis padres por estar a mi lado en cada paso que he dado, a mis hermanos especialmente María y Jorge por apoyarme a lo largo de estos 5 años académicos y ser un ejemplo a seguir.

Al MSc. Wilber Quijano y MSc. Julio Ordoñez Gálvez, por su apoyo para la realización de la presente tesis.

A los Ing. Ricardo Segura Ederly y Aníbal Meza por brindarme su apoyo en la obtención de los materiales para el desarrollo de la presente investigación.

A mis docentes, en especial aquellos causantes de largas amanecidas y las arduas jordanas de estudio.

Declaratoria de Autenticidad

DECLARATORIA DE AUTENCIDAD

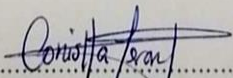
Yo, Conislla Terán, Fabiola con DNI N° 46786318 estudiante del décimo ciclo 2018 de la Facultad de Ingeniería de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental de la “Universidad César Vallejo”.

Declaro la autenticidad de mi estudio de investigación denominado “**Comparación de los efluentes de lixiviación de los procesos biológicos y químico de la calcopirita en la recuperación de cobre en laboratorio 2018**”, para lo cual, me someto a las normas sobre elaboración de estudios de investigación al respecto.

Así mismo, declaramos también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, 15 de diciembre del 2018


.....
Fabiola Conislla Terán
DNI N°46786318

Presentación

Señores

Miembros del jurado

Presento ante ustedes la tesis titulada “Comparación de los efluentes de lixiviación de los procesos biológico y químico de la calcopirita en la recuperación de cobre en laboratorio 2018” con el objetivo determinar cuál proceso, es más sostenible con el medio ambiente. En cumplimiento del Reglamento de Grados y Título de la Universidad César Vallejo para obtener el Título Profesional de Ingeniería Ambiental.

Esperando cumplir con los requisitos de aprobación.

Índice

Página del Jurado	ii
Dedicatoria.....	iii
Agradecimiento	iv
Declaratoria de Autenticidad.....	v
Presentación	vi
Índice	vii
Índice de figuras.....	viii
Índice de tablas	ix
Índice de gráficas	x
Índice de diagramas.....	xi
Resumen.....	xii
Abstract.....	xiii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MÉTODO.....	25
2.1. Diseño de investigación.....	25
2.2. Variables, operacionalización.....	25
2.3. Población y muestra	27
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	27
2.5. Análisis de datos.....	41
2.6. Aspectos éticos	42
III. RESULTADOS.....	43
IV. DISCUSIÓN	63
V. CONCLUSIONES	66
VI. RECOMENDACIONES	67
REFERENCIAS.....	68
ANEXOS	72

Índice de figuras

Figura 1. 1. Mecanismo directo e indirecto de Biolixiviación	10
Figura 1. 2. Las funciones microbianas en la Biolixiviación de minerales de sulfuro	12
Figura 1. 3. Esquema de los Mecanismos de Lixiviación Indirecta, por Contacto y Cooperativa	12
Figura 2. 1. Pasos del análisis microbiológico.....	29
Figura 2. 2. Pasos del análisis microbiológico.....	30
Figura 2. 3. Muestra inicial	30
Figura 2. 4. Técnica del cuarteo	31
Figura 2. 5. Tamizado de la muestra	32
Figura 2. 6. Sulfatación de la muestra	33
Figura 2. 7. Sales básicas	35
Figura 2. 8. Esterilización de las soluciones por autoclave.....	36
Figura 2. 9. Solución 9k y $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	36
Figura 2. 10. Solución 9K. $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	37
Figura 2. 11. Materiales para el cultivo de bacterias	37
Figura 2. 12. Cultivo de bacterias acidófilas	38
Figura 2. 13. Rotulación de vasos precipitados	39
Figura 2. 14. Lixiviación Química	40
Figura 3. 1. Vista microscópica del mineral.	43
Figura 3. 2. Micrográficas del DAM	45

Índice de tablas

Tabla 2. 1. Titulación de análisis de Cu.....	34
Tabla 2. 2. Duración de tratamiento	40
Tabla 3. 1. Concentraciones de muestra de cabeza.....	44
Tabla 3. 2. Granulometría de mineral	44
Tabla 3. 3. Concentración de SO ₄ en el efluente químico.....	46
Tabla 3. 4. Concentración de SO ₄ en el efluente biológico.....	47
Tabla 3. 5. Análisis de varianza de SO ₄	48
Tabla 3. 6. Análisis Tukey de SO ₄	48
Tabla 3. 7. Análisis del grado de libertad	49
Tabla 3. 8. Concentración Fe en el efluente químico	49
Tabla 3. 9. Concentración Fe en el efluente biológico.....	50
Tabla 3. 10. Análisis de varianza de Fe	51
Tabla 3. 11. Análisis de Tukey de Fe	51
Tabla 3. 12. Análisis del grado de libertad	52
Tabla 3. 13. Concentración As en el efluente químico	52
Tabla 3. 14. Concentración As en el efluente biológico	53
Tabla 3. 15. Concentración As en el efluente biológico	53
Tabla 3. 16. Análisis de varianza de As.....	54
Tabla 3. 17. Análisis de Tukey de As.....	55
Tabla 3. 18. Análisis del grado de libertad	55
Tabla 3. 19 Concentración Au en el efluente químico	56
Tabla 3. 20. Concentración Au en el efluente biológico	56
Tabla 3. 21. Análisis de varianza Au.....	57
Tabla 3. 22. Análisis de Tukey Au	58
Tabla 3. 23. Análisis del grado de libertad	58
Tabla 3. 24. Concentración Cu en el efluente químico	59
Tabla 3. 25. Concentración Cu en el efluente biológico	59
Tabla 3. 26 Análisis de varianza de Cu.	60
Tabla 3. 27 Análisis de Tukey de Cu.....	61
Tabla 3. 28 Análisis de Tukey de Cu.....	61
Tabla 3. 29. Análisis del grado de libertad	61

Índice de gráficas

Gráfico 3. 1. Concentración de SO ₄	47
Gráfico 3. 2. Concentración de Fe.....	50
Gráfico 3. 3. Concentración de As.....	54
Gráfico 3. 4. Concentración de Au.....	57
Gráfico 3. 5. Concentración de Cu.....	60

Índice de diagramas

Diagrama 2. 1. Método de análisis	42
--	-----------

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo analizar la comparación de los efluentes de lixiviación de los procesos biológico y químico de la calcopirita en la recuperación de cobre en laboratorio 2018; con ello se comparó, entre las características de los efluentes generados por en el proceso de lixiviación química y biológica de la CuFeS_2 en la recuperación de Cu, además de la eficiencia de cada proceso. Para ello, se empleó 5kg de mineral y 2 litros de agua ácida de mina (DAM) procedentes de Cajamarca. El proceso biológico empleó el uso de la bacteria *Thiobacillus ferrooxidans* como agente lixivante debido a su capacidad de reducir sulfuro y hierro mientras, el proceso químico empleó el H_2SO_4 como agente reductor. En cada proceso, se usó como tratamientos las concentraciones de mineral de 50gr, 100gr y 150gr y 50ml, 100ml, y 150ml de agente lixivante. Los efluentes, fueron generados a partir de la 3era ley obtenidos a los 7 días, 14 días y 21 días de lixiviación, usando para el cual el diseño completamente al azar con arreglo factorial (concentración por agente lixivante). Los resultados obtenidos en las concentraciones de los efluentes fueron de 0.13% a 23.07% de Cu, 3.54% a 48.40% de Fe, 3.23% a 56.35 de SO_4 y 0.0013% a 0.11% As mientras que, con el proceso biológico se obtuvo efluentes con concentraciones de 0.11% a 24.24% de Cu, 9.34% a 54.23% de Fe, 11.56% a 58.40% SO_4 y 0.0027% a 0.1928% de As, Concluyendo que la lixiviación biológica genera en sus efluentes una mayor concentración de Fe, SO_4 y As mientras, que el caso de Cu y Au su concentración es menor en el proceso biológico porque, las bacterias generan una mayor recuperación de estos metales.

Palabras clave: *Thiobacillus ferrooxidans*, Calcopirita, Lixiviación

Abstract

In the present investigation, a comparison was evaluated between the characteristics of the effluents generated by the process of chemical and biological leaching of the CuFeS_2 in the recovery of Cu, as well as the efficiency of each process. For this, 5k of ore and 2 liters of acid mine water (DAM) from Cajamarca were used. The biological process used the bacteria *Thiobacillus ferrooxidans* as a leaching agent due to its capacity of sulfur and reducing iron, while the chemical used H_2SO_4 . In each process, it was experimented with mineral concentrations of 50gr, 100gr and 150gr and 50ml, 100ml, and 150ml of leaching agent. The effluents were generated from the 3rd law obtained at 7 days, 14 days and 21 days of leaching. The effluents obtained were characterized to present concentrations up to 0.13% at 23.07% of Cu, 3.54% to 48.40% of Fe, 3.23% to 56.35 of SO_4 and 0.0013% to 0.11% As while, the biological process was obtained effluents with concentrations of 0.11 % to 24.24% of Cu, 9.34% to 54.23% of Fe, 11.56% to 58.40% SO_4 and 0.0027% to 0.1928% of As, which indicates that the biological leaching generates in its effluents a higher concentration of Fe, SO_4 and Ace while, that the case of Cu and Au its concentration is lower in the biological process since, the bacteria generate a greater recovery of these metals.

Keywords: *Thiobacillus ferrooxidans*, Calcopirita, Lixiviación

I. INTRODUCCIÓN

En el Perú, la industria minera es sinónimo de riqueza porque, gran parte del ingreso de divisas son generadas por dicho sector. Sin embargo, también es sinónimo de contaminación debido a los procesos convencionales que se emplean para la recuperación de un determinado metal. Los cuales, requieren un gran consumo del recurso hídrico y de energía. Asimismo, durante el desarrollo del proceso se van generando residuos, efluentes y emisiones que pueden llegar a ser nocivos para la salud del ambiente. Además, dichos procesos son ineficientes ya que, al emplearse con minerales refractarios el porcentaje de recuperación decae llegando a no ser rentable económicamente y a su vez causando un mayor impacto al medio.

En los últimos años, la aplicación de la biominería ha ido en crecimiento al permitir la extracción de metales a partir de una fuente refractaria a un menor costo económico. Esta nueva técnica está comprendida por la biooxidación, biolixiviación y biorremediación. Sin embargo, los estudios de estas nuevas tecnologías se han centrado en la eficiencia de recuperación del mineral dejando de lado de lado la evaluación ambiental y como, éste puede o no impactar en los cuerpos receptores del ambiente.

Por lo descrito anteriormente, la presente investigación pretende realizar un estudio comparativo de los efluentes generados a través de la lixiviación de la calcopirita a partir de un proceso convencional de lixiviación química empleando H_2SO_4 como agente lixivante y el uso de microorganismos sulfuroreductores en el proceso de lixiviación biológica.

1.1. Realidad problemática

La minería produce una gran cantidad de residuos como son los desmontes mineros, relaves mineros y los rípios de lixiviación. Los cuales son, obtenidos por procesos de flotación, lixiviación y cianuración. La problemática surge cuando estos residuos mineros entran en contacto con el agua y aire atmosférico generando aguas ácidas con altos contenidos de metales pesados. Como se sabe, los sulfuros provenientes de estos drenajes son el sulfuro de plomo, sulfuro de zinc y especialmente el sulfuro de fierro el cual, es será uno de los parámetros a evaluar en la presente investigación.

El Instituto Nacional de Toxicología y Ciencias Forenses de España, informó en el 2017 acerca de un vertimiento masivo de efluentes con altas concentraciones de arsénico, plomo y cromo provenientes de la actividad minera de la Zarza. El vertimiento de estas aguas generó un impacto negativo llegando afectar hasta 50 km aguas abajo del río Odiel y perjudicando, además la calidad de las aguas subterráneas. Debido, que la concentración de metales pesados provenientes dichas aguas llegaban sobrepasar hasta 1000 veces las concentraciones permitidas y al ser compuestos no biodegradables permanecerán por más tiempo en los cuerpos receptores. Así mismo, el lago Poopó el cual es el 2do lago más grande de Bolivia se encuentra en peligro por las descargas de aguas ácidas generadas por la unidad minera Poopó. Los cuales, afectan la calidad de la vida acuática, así como la actividad agrícola, ganadera y salud de los pobladores aledaño.

Caso como del río Coralque en Moquegua, Perú. El cual, cambió sus aguas a un color amarillento producto de 17 afloramiento de aguas ácidas de la minera Aruntani SAC en setiembre del 2017. En Puno, la situación es similar en el río la Lampa y Melgar ya que, sus aguas se tonaron amarillentas por la alta concentración de sulfatos siendo insalubres para el consumo de la población y de los animales.

Por ello, la presente investigación tiene como finalidad evaluar la eficiencia ambiental de la biominería en la recuperación de cobre a partir de la calcopirita a través del análisis de sus efluentes.

1.2. Trabajos previos

López (2014), en su tesis “Aplicabilidad de la biolixiviación como un método sustitutivo de la amalgamación con mercurio para la recuperación del oro en la minería artesanal del Sur de Perú”, de la universidad Politecnica de Catalunya. El estudio, se desarrolló En la mina de Misky, San Cristobal y Chaparral. En los dos primeros casos, el cobre se encuentra rodeada por pirita (cobre nativo) y en las grietas de pirita (electrum), requiriendo un mecanismo de contacto directo entre los microorganismos y la pirita para lograr liberar el cobre. En el caso, de Chaparral el cobre se encuentra rodeada por covellita (CuS) por ello, se debe realizar un mecanismo de contacto indirecto para oxidar el sulfuro por el ion férrico que genera la bacteria en la Biolixiviación. La presente investigación, es de tipo aplicada, enfoque cuantitativo, alcance explicativo, diseño experimental y tipo pre experimental.

Dennys (2016), en su tesis “Biolixiviación de oro por bacterias ferrooxidantes a partir de calcopirita en un sistema de columnas de lixiviación por gravedad”, de la universidad Nacional de San Agustín. Siendo, una investigación de tipo aplicada, el enfoque cuantitativo, alcance correlacional, de diseño experimental y tipo experimental puro. Señala, que el aislamiento de los microorganismos ferrooxidantes presentes PAD de lixiviación se logró empleando un medio de cultivo 9K con sulfato ferroso (FeSO₄), a 25°C y 1.8 pH siendo, la principal fuente de energía el hierro presente en la solución. Alcanzando, una población máxima de 334000 bact/mL en un periodo de 30 días con un pH= 1.5 y temperatura de 20°C. Así mismo, la implementación del sistema de columnas por gravedad para la lixiviación de una muestra de calcopirita de 9.5 mm con un 0.739% de Cobre (Cu), logró la recuperación del 86.07% de cobre por empleando bacterias ferrooxidantes mientras que por lixiviación química se recuperó el 53.9% de Cobre (Cu) después de 24 días.

Pérez (2016), en su tesis “Aislamiento y determinación de bacterias biooxidantes del género Acidithiobacillus y Leptospirillum presentes en las aguas residuales de las unidades mineras de Recuay – Huaraz”, de la universidad Ricardo Palma. Siendo, una investigación de tipo exploratoria, el enfoque cuantitativo y de diseño experimental – subtipo experimental puro. Para la presente investigación se aplicó dos métodos de siembra. Siendo, el método por extensión el más eficiente

generando un 50% y 80% de placas con presencia de desarrollo bacteriano a diferencia del método de siembra por estría simple en el que se obtuvo un 10% y 30% de placas con presencia de crecimiento bacteriano. Determina, que las cepas aisladas generan la oxidación de sulfuros llegando, a reducir de 8 g/L de ion ferroso a 2.6 g/L e incrementando la concentración de ion férrico de 1.5 g/L a 32.4 g/L, después de 50 días de monitoreo

Ramírez (2015), en su tesis “Biolixiviación del cobre en minerales sulfurados refractarios como proceso preliminar para la lixiviación de oro por cianuración”, de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Siendo, una investigación de tipo aplicada, de enfoque cuantitativo y diseño experimental – subtipo pre experimental. Desarrollo, el proceso de biolixiviación en empleando cepas bacterianas aisladas de las aguas propias del drenaje ácido de la mina (DAM) mediante 3 etapas para cada uno de los minerales a estudiar. En las cuales, se trabajó con 3 densidades de pulpa diferentes y dosis de $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Monitoreando, el % de recuperación de Cu y el crecimiento biológico. Se determinó, que la concentración óptima de $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ para el mineral S es de 6g/l logrando una mayor obtención de Cu (72.64%). En el caso, del mineral K alcanzo su mayor crecimiento biológico con una dosis de 15 g/l $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Sin embargo, la mayor recuperación de cobre se logró con 9 g/l de $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

Delgado Cruz y Castillo (2015), en su investigación “Efecto de la temperatura en el crecimiento microbiano y la biolixiviación sobre la calcopirita por un cultivo microbiano biolixivante” publicada por la revista, Ciencia y Desarrollo. Siendo, una investigación de tipo aplicada, de enfoque cuantitativo y diseño experimental – subtipo pre experimental. Se determinó, que el mayor crecimiento microbiano se dio a 70°C en 312 horas iniciada el proceso. Además, a esta temperatura se obtuvo la mayor concentración de Fe II. Mientras, el menor índice de crecimiento fue a los 25°C y la menor concentración de Fe II fue a 40°C. Por ende, se determina que la temperatura incrementa el índice de crecimiento del cultivo microbiano biolixivante y en la biolixiviación del cobre a partir de la calcopirita.

Arias, Lovera, Quiñones, Flores, Ramírez y Cayo (2015), en su artículo “Biolixiviación de cobre a partir de minerales sulfurados con altos tenores de pirita y calcopirita” siendo, una investigación de tipo aplicada, de enfoque cuantitativo, y diseño experimental – subtipo pre experimental. El estudio, se realizó en 3 etapas determinándose en la primera etapa, una recuperación de cobre máximo de 72.64% con 6g/L de $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ y un mínimo de 30.96% con 15g/L de $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ de una muestra mineral de 3g. En la segunda etapa, se empleó las bacterias inoculadas de la primera etapa obteniendo una recuperación hasta del 85.6% cuando no se empleó el agente oxidante, a partir de 6g de mineral. Mientras, en la tercera etapa se empleó el uso secuencial de las bacterias logrando una recuperación hasta del 89.88% en 20 días en ausencia del agente oxidante a partir, de 18g de mineral.

Cayo (2016), en su tesis para obtener el grado de ingeniero Químico “Condiciones óptimas de lixiviación microbiana empleando *Acidithiobacillus ferrooxidans* como pretratamiento para la cianuración de mineral sulfurado aurífero”, de la Universidad Nacional del Callao. Siendo, una investigación de tipo aplicada, de enfoque cuantitativo y diseño experimental – subtipo pre experimental. Se determinó, que la aplicación de la biolixiviación como pretratamiento al proceso de cianuración en la recuperación de cobre alcanzó incremento el porcentaje de recuperación a 60,29% de 20,07% en el caso, de la plata se alcanzó una recuperación de 54,70% de 18,52%. El tiempo óptimo para el proceso de biolixiviación con agitación fue de 12,23 días, además, de un crecimiento de la población de $2,54 \times 10^8$ bact/mL, favoreciendo al proceso por la reducción del hierro, arsénico y azufre.

Panduro y Peña (2015), en su tesis para obtener el grado de Ingeniero Químico “Aislamiento de cepas de *Acidithiobacillus ferrooxidans* para la recuperación de metales de minerales sulfurados”, de la Universidad Emprendedora. Siendo, una investigación de tipo aplicado, de enfoque cuantitativo y diseño experimental – subtipo pre experimental. Señala, el aislamiento de *At. ferrooxidans* del DAM se desarrolló en un medio de cultivo 9k en presencia de FeSO_4 y glucosa como fuente de carbono. La fase de crecimiento exponencial se obtuvo entre los 33° a 37°C mientras que a los 40°C

se presentó una fase estacionaria, no presenta incremento de población. Ya que, a esta temperatura se inhibe la reacción de oxidación, por ende, se consumen los nutrientes variando el pH. La capacidad reductora de la *At. ferrooxidans*, permite reducir la concentración del ion ferroso mientras la del ion férrico aumenta en el tiempo, debido al mecanismo catalítico de la bacteria.

Álvarez (2017), en su tesis para obtener el grado de Ingeniero Metalúrgico “Evaluación de la biooxidación de concentrado arsenopirítico aurífero por pretratamiento con bacterias quimiolitotrofas acidófilas que mejoren la recuperación del cobre por cianuración en la empresa minera Eminsol S.A. Bolivia-2015”, de la Universidad de Tacna. Siendo, una investigación de tipo aplicada, de enfoque cuantitativo y diseño experimental. Se determina, que la cianuración directa sin un tratamiento previo de calcopirita aurífera presenta una recuperación hasta del 51,57 en 72 horas requiriendo un consumo de 6,3 Kg NaCN/t de concentrado y 3,2 Kg/t de cal. Sin embargo, al aplicar la biolixiviación empleando cultivos mixtos o consorcios aislados de DAM de la empresa minera Eminsol S.A. Como tratamiento previo al proceso de cianuración de calcopirita aurífera se obtiene una recuperación entre del 90.4 a 90.6% de cobre en 24 horas, disminuyendo el consumo de ácido sulfúrico a 2.66 – 2.79 Kg/t NaCN/t, pero el aumento el consumo de Cal entre 7-7.2 Kg/t ya que, el proceso de biolixiviación acidifica el medio.

Tirado (2015), en su tesis para obtener el grado de Biólogo Microbiólogo “Biooxidación de calcopirita por un cultivo microbiano puro y mixto”, de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Siendo, una investigación de tipo aplicada, de enfoque cuantitativo y diseño experimental. Concluyó, que el cultivo microbiano mixto presenta una mayor capacidad de biooxidativa con respecto al cultivo puro. El cultivo mixto con calcopirita al 8% alcanzó la mayor concentración de fierro III que fue de, 6465,1mg/L mientras que el mismo cultivo con calcopirita al 12% la concentración de fierro obtenido fue de 5595,8mg/L.

Jarro (2014), en su tesis para el grado de Ingeniero Metalurgista “Pretratamiento para oxidar un mineral refractario de cobre mediante bacterias *Thiobacillus ferrooxidans*”, de la Universidad Nacional Jorge Basadre

Grohmann. Presenta, sus principales conclusiones. Siendo, una investigación de tipo aplicada, enfoque cuantitativo y de diseño experimental. Determinó, que la recuperación de cobre presente en mineral refractario es más eficaz empleando un pre tratamiento de biooxidación al proceso cianuración, obteniendo una recuperación de hasta 87,67% en 24 horas, al variar la velocidad de crecimiento, la aireación y el porcentaje de inoculación. Además, señala que el proceso de biooxidación pierde eficiencia al desarrollarse en condiciones extremas, es decir no hay agitación e inoculación logrando una recuperación entre 18 al 29% de cobre mientras, que la máxima recuperación de cobre por el proceso de cianuración sin tratamiento previo fue de 18,91% en 48 horas.

Bravo (2016) en su tesis para obtener el grado de Ingeniero Civil en Biotecnología “Biolixiviación de calcopirita por *Sulfobacillus acidophilus*”. Señaló, que las cepas investigadas presentan poseen una capacidad aproximadamente hasta del 85% por lo cual, la biolixiviación se puede desarrollar tanto por medio directo como indirecto. Además, determinó que la recuperación de cobre es de 11.3% en 6.944 días, empleando microorganismos termófilos. Sin embargo, al emplear microorganismos mesófilos en la biolixiviación recupero solo 7.6% de cobre en 20.833 días aproximadamente.

Montoya, Montañez, Luévanos y Balagurusamy (2015, p. 2) en su estudio sobre “El impacto del arsénico en el ambiente y su transformación por microorganismos” determinaron la importancia de microorganismos con la capacidad de metabolizar el arsénico a través, de la oxidación biológica del arsenito ya que de esta manera no se genera una contaminación secundaria llegando a impactar en los cuerpos receptores del agua y suelo especialmente. Según Pinillos (2014), en su tesis para obtener el grado académico en Ciencias con mención en minería y medio ambiente “Remoción de metales pesados en efluentes de la mina Marcapunta Oeste” propusieron emplear un método de oxidación, adición de cal y floculante con la finalidad de tratar los efluentes provenientes de la mina. Los cuales, se caracterizaron por presentar As (1.852 mg/L); Cu (13.52mg/L) Fe (59.25mg/L) logrando una remoción de hasta del 90% en la concentración de los parámetros evaluados (p. 82)

Según Guevara, Gonzales, Rodríguez, Mendoza, Rivera, Cruzado y Huamán (2016) en su investigación titulada “Influencia del tiempo de contacto y del tamaño de partícula de pectina de naranja (*Citrus sinensis*) en la disminución del contenido de hierro (Fe) en efluentes mineros”. El tratamiento fue aplicado en el efluente procedentes de la unidad minera Quiruvilca, departamento, La Libertad. El cual, se caracterizaba por presentar una concentración promedio de 540.52ppm de Fe logrando reducirlo en un 54% empleando partícula de pectina de malla #50 por 4 horas (p. 5).

Según la revista Minería (2018) los efluentes de mina sin un tratamiento previo se caracterizan por presentar 259mg/L de Fe, 18.1 mg/L de Al, 353 mg/L de Mn, 2.8 mg/L de Pb y 50 mg/L de Zn aproximadamente. Por ello, proponen establecer tecnologías con la finalidad de recuperar dichos subproductos mejorando la calidad del agua. Empleándose un tratamiento de especiación hidrogeoquímica, porque permite una caracterización química del agua de mina. Especialmente, del Fe+2 el cual en contacto con el O₂ se oxida a Fe+3.

La aplicación de la biooxidación como pre tratamiento empleando bacterias mixotróficas y quimiolitotróficas en minerales refractarios con alto y bajo contenido de azufre en la recuperación de oro a través de proceso de un cianuración posterior. El estudio, mostró que la biooxidación con ambas bacterias mostró efectos positivos en la recuperación del oro. Sin embargo, el mayor porcentaje de recuperación de oro (91.4%) a partir de un mineral con altas concentraciones de sulfuro se logró mediante el uso de BIOX con SKC2 durante 14 días. El cual, fue un 18% superior al nivel de extracción directa es decir cianuración sin un tratamiento previo (Mubarok, Winarko, Chaerun, Rizki, y Ichlas, 2016, p. 16-15).

Fomchenko, Kondrat'eva y Muravyov, proponen en su investigación una tecnología biohidrometalúrgica para la recuperación de oro a partir de concentrados de sulfuro refractario el cual, implica un proceso de dos pasos para la oxidación de concentrados de sulfuro que contienen oro. El primer paso es la lixiviación con hierro férrico biogénico a temperatura elevada utilizando el hierro férrico que contiene solución producida durante el segundo paso. El segundo

paso, es la biooxidación de los productos del primer paso mediante microorganismos quimiolitotróficos acidófilos. Los cuales, se emplearon en un sistema de flotación que contenía pirrotita, arsenopirita, pirita, y antimonita. El nivel de oxidación. después de dos ciclos de pre-lixiviación con hierro férrico biogénico (100 min) a 80°C fue de 64.3, 31.1 y 45.4% para el hierro, arsénico, y azufre de todos los minerales de sulfuro, respectivamente. La recuperación de oro del concentrado de sulfuro por cianuración de carbono en la pulpa fue de 67.8% en el proceso de un paso y 93.0% en el proceso de dos pasos a los 4 días de biooxidación mientras que, en los procesos de un paso y dos pasos a los 8 días de biooxidación, alcanzó el 82,4% y el 94,1% respectivamente. Determinando, la introducción de la pre-lixiviación del concentrado con paso férrico biogénico reduce la duración requerida para una biooxidación posterior, lo que mejora la eficiencia económica de recuperación de oro (2016, p. 1-4).

1.3. Teorías relacionadas al tema

1.3.1. Lixiviación biológica

Donati y Sand, (2007), señalan que es la conversión de compuestos metálicos insolubles a elementos solubles empleando microorganismo a través de un mecanismo directo o indirecto. Siendo, un ejemplo la lixiviación de sulfuros metálicos. En este caso, el sulfuro presente en el mineral es oxidado por microorganismos acidófilos en un medio acuoso obteniendo iones metálicos y sulfato permitiendo, la recuperación de metales como el cobre, cobalto, zinc, níquel, molibdeno, uranio entre otros. Sin embargo, en la recuperación de cobre y plata esta tecnología es empleada como un pre tratamiento ya que, estos metales se encuentran ocluidos en matrices de sulfuro metálico como la pirita y la calcopirita. Por ello, el material obtenido en la biooxidación se debe solubilizar a través de la cianuración (Johnson, 2014).

Rawlings, (2002), señala que el término biolixiviación hace referencia a la conversión de un mineral refractario como el CuS, NiS y ZnS a un compuesto soluble como CuSO₄, NiSO₄ y ZnSO₄. Lo cual, permite recuperar el metal en el agua, a través de reacciones de oxidación por ello, también es conocido como biooxidación. Sin embargo, la biooxidación hace referencia al proceso que

incrementa el porcentaje de recuperación del metal mediante una descomposición microbiana del mineral, pero el metal de interés no es soluble en el agua.

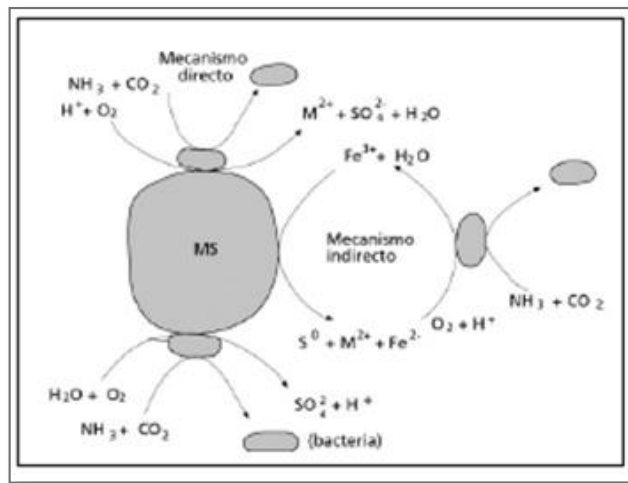
1.3.1.1. Mecanismo de lixiviación

Helmut Tributsh (2001), propone que existen 3 tipos de mecanismo para el proceso de biolixiviación. Además, señala que es necesario que las bacterias se contacten con el sulfato a través de una capa de polímero extracelulares (EPL), los cuales actuaran como medio para la reacción de disolución del mineral.

a) Mecanismo directo

Consiste, cuando una bacteria se adhiere a la superficie de un mineral, oxidándolo a través de su sistema enzimático utilizando el oxígeno disuelto del medio, para formar sulfato y cationes metálicos (Figura 1). Se supone, que la parte sulfurosa presente en el mineral es biológicamente oxidada a sulfatos sin la necesidad de compuestos intermedios (Makita, 2004).

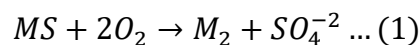
Por lo tanto, la adherencia del microorganismo a la superficie del mineral es fundamental para este mecanismo. Cabe señalar, que esta teoría permanece en cuestionamiento.



Fuente: Rodriguez Y. (2002)

Figura 1. 1. Mecanismo directo e indirecto de Biolixiviación

La reacción general es:

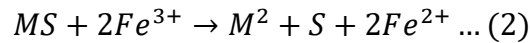


b) Mecanismo indirecto

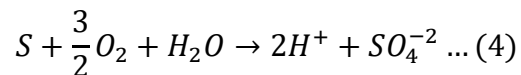
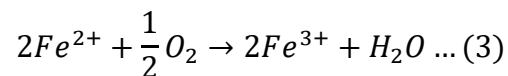
Consiste básicamente, en la acción oxidante de los iones Fe^{3+} para disolver el sulfuro metálico. Por lo cual, se generan iones Fe^{2+} y el azufre elemental. Finalmente, estos compuestos son oxidados biológicamente para formar Fe^{3+} y SO_4^{-2} . Este mecanismo, no requiere de la adhesión de microorganismos en la superficie de los minerales a tratar (Makita, 2004).

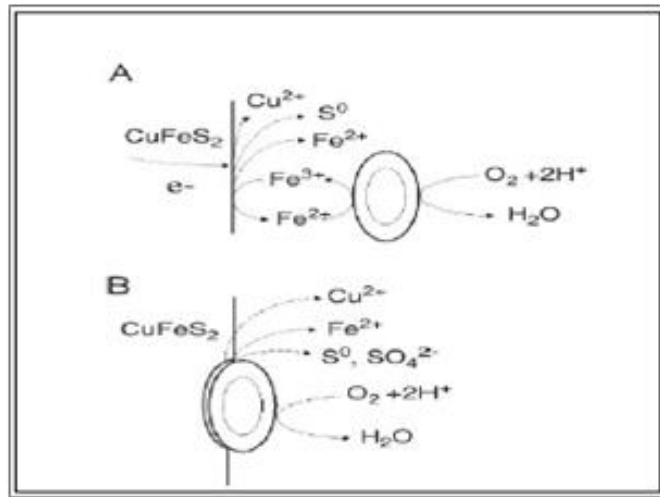
Cabe señalar, que los estudios en el área de la química de los sulfuros, la mineralogía y la física del estado sólido, fortalecen la teoría del mecanismo indirecto de la biolixiviación. Ya que, la teoría señala que los iones Fe^{3+} y/o protones son los únicos agentes químicos que disuelven a los sulfuros. Además, señalan la formación de una capa muy fina de exopolímeros, el glicocálix, con un espesor de nanómetros que rodea la célula microbiana. Se postula, que es aquí donde se llevan a cabo la degradación del sulfuro (Fernando, 2005).

Las ecuaciones de las reacciones son:



Paralelamente, la acción bacteriana cataliza la oxidación del ion ferroso y del azufre elemental según las dos reacciones siguientes:



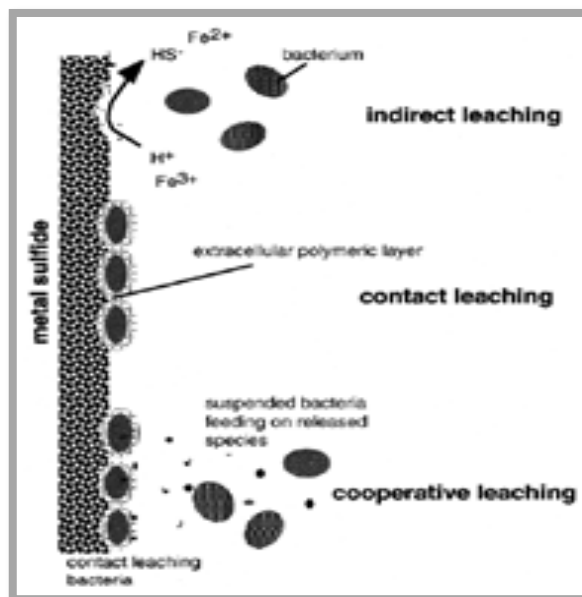


Fuente: Rodríguez Y. (2002)

Figura 1. 2. Las funciones microbianas en la Biolixiviación de minerales de sulfuro

c) Mecanismo de lixiviación cooperativa

El Mecanismo consiste, los microorganismos adheridos a la superficie de mineral liberan especies metálicas oxidables los cuales, son oxidados por los microorganismos presentes en la solución obteniendo el agente oxidante Fe^{3+} . El cual, reacciona con el mineral generando una lixiviación directa (Tributsch, 2001 y Rodríguez et. al., 2003)



Fuente: Tributsch (2001)

Figura 1. 3. Esquema de los Mecanismos de Lixiviación Indirecta, por Contacto y Cooperativa

1.3.1.2. Mecanismos asociados al proceso de biolixiviación

Los microorganismos que participan en el proceso de biolixiviación se caracterizan principalmente por su capacidad de evolucionar en ambientes de condiciones extremas.

1.3.1.2.1. Acidófilas

Los acidofilas son aquellos, microorganismos capaces de sobrevivir en condiciones extremas tales como; pH bajo, altas temperaturas y concentraciones altas de metales. Se caracterizan principalmente, por emplear la oxidación del Fe^{+2} a Fe^{+3} y los compuestos reducidos de azufre en su generación de ATP para su metabolismo (Rodríguez et al, 2001).

Las bacterias acidófilas, se clasifican según su rango de temperatura:

a. Bacterias mesófilas

Se desarrollan a una temperatura de 25°C a 45°C. Son, ser autótrofas ya que, sintetizan el carbono presente en el CO_2 como su fuente de energía mientras, que los

heterótrofos emplean las fuentes orgánicas para la obtención de sus nutrientes. Así mismo, limitan la concentración de compuestos orgánicos que podrían inhibir las reacciones generadas por las autótrofas (Rodríguez et. al., 2001).

Entre las especies autótrofas mesófilas destaca, *Thiobacillus ferroxidans*, *Thiocacillus thiooxidans* y *Leptospirillum*.

b. Bacterias termófilas moderada

Se desarrollan a una temperatura entre los 45 a 65°C y un medio más ácido lo cual, permite obtener mejores niveles de disolución y velocidad del proceso de lixiviación del mineral. La aplicación, más eficiente de las bacterias termófilas es en la recuperación de cobre presente en la calcopirita.

Entre las especies presentes están, *Sulfobacillus thermosulfidooxidans*, *Sulfobacillus acidophilus* y *Acidithiobacillus caldus*.

c. Bacterias termófilas extrema

Son microorganismos que se desarrollan a más de 65 C°, destacando *Sulfolobus metallicus* y *Metallosphaera sedula* entre otras.

En la presente investigación, se estudió la capacidad de biolixiviación de la calcopirita empleando un consorcio de bacterias procedentes del DAM. Entre ellas, bacterias del género *Acidithiobacillus* y *Leptospirillum*.

Según se generó se clasifican en:

a. Género *Acidithiobacillus*

Son microorganismo con alta grado de heterogeneidad genética, perteneciente al género proteobacteria. Sus bacilos, presentan forma de bastón y son Gram negativo, poseen un flagelo y un pili tipo IV para poder desplazarse y adherirse a los minerales. Su genoma está conformado por 28106 pares de bases apropiadamente y en un 55-65% de sus bases son guanica-citocina (Huber, 1986).

b. Género *Leptospirillum*

Se describen como bacterias del genero Gram Negativo en forma de espiral, con 0,3 – 0,5 micras de ancho y de 0,9 – 4,0 micrones de largo (Huber, 1986).

Guerrero (2008), señala que los microorganismos del género *Leptospirillum* los principales responsables de la oxidación del fierro en los tanques de lixiviación. Además, son considerados como los causantes de las aguas acidas por ello, este género de microorganismos posee un papel fundamental en el proceso de lixiviación.

1.3.1.3. Factores que influyen en la biolixiviación

El proceso de biolixiviación es influenciado por factores ambientales, biológicos y físico-químico que actúan sobre los microorganismos afectando el rendimiento de la recuperación de metales. Es importante controlar estos factores para que puedan existir con la ausencia de inhibidores, generando mayor eficiencia en el proceso.

Los factores que influyen en los microorganismos asociados a la biolixiviación según (OSINERMIN, 2016) y (Pradhan et. al., 2008)

a. Tipo de material

La naturaleza del mineral es fundamental para la efectividad del proceso de biolixiviación. Si el medio es alcalino, es probable que se formen precipitados que obstaculicen la percolación de la solución de lixiviación a través de la pila. La porosidad del mineral permite que la solución penetre más en el mineral. Otro, aspecto importante del mineral es proporcionar suficientes nutrientes para el metabolismo de los microorganismos (Pradhan et. al., 2008).

b. Aireación

La mayoría de bacterias asociadas al proceso de biolixiviación de metales son aeróbicas y quimiolitotrófica en la naturaleza. La aeración permite el suministro de O₂ y CO₂ en el proceso de lixiviación. El CO₂ en el aire es empleado como fuente de carbono para la generación de biomasa mientras el O₂ es empleado como oxidante por los microorganismos en medios de lixiviación. La inadecuada aeración al interior de la pila disminuye las reacciones de biooxidación e incrementa el tiempo de proceso por ello microorganismos (Pradhan et. al., 2008)

c. Irrigación

El riego puede ser continuo o discontinuo, existen diferentes tendencias. Sin embargo, generalmente se piensa que el riego discontinuo favorece la disolución del mineral. En esos casos, la solución de riego es rociado intermitentemente sobre la superficie de la pila, la solución se debe filtrar antes de aplicar un nuevo riego. De esta forma, se establece un efecto capilar inverso permitiendo la lixiviación de un mineral grueso (Pradhan et. al., 2008).

d. pH

La oxidación biológica de hierro ferroso y sulfuro de metal requiere la presencia de iones de hidrogeno, así como electrones. El rango óptimo de pH para el proceso de biolixiviación se encuentra entre 1.5 a 2.5. Este rango se deriva en términos de la fase de latencia más corta, las tasas de biooxidación más rápidas del sustrato y el mayor rendimiento de extracción de metales. La membrana plasmática es probablemente el factor más crítico para bacterias acidófilas. Por

ello, el incremento del pH a un nivel neutral causará la disolución de la membrana plasmática y la lisis de las células (Haddadin et. al, 1995).

e. Temperatura

Los microorganismos son clasificados según en la temperatura en donde puedan desarrollarse. Los mesófilos se desarrollan entre los 30°C-40°C, los termófilos moderados entre los 50°C y los termófilos extremos se encuentran sobre los 65°C. Sí, la temperatura del medio es menor a 5°C el microorganismo entra en un estado inactivo, pero a una temperatura superior los microorganismos son destruidos rápidamente. La biolixiviación de los minerales sulfurados, es un proceso exotérmico que genera un incremento significativo en la temperatura el cual, debe ser controlado.

En las operaciones industriales la temperatura dentro de las pilas puede alcanzar hasta los 50°C producto de las reacciones de oxidación biológica y química que no pueden ser controladas lo cual, inhibirá la actividad de las bacterias mesófilos. Como la temperatura aumenta más de 40 C, los mesófilos serán reemplazados por los hierros y sulfuroxidizadores moderadamente termófilos, pero, sí la temperatura aumenta por encima de los 60°C el termófilo extremo puede desplazar a los termófilos moderado (Pradhan et. al., 2008).

f. Potencia Redox

Las reacciones de reducción u oxidación producidas por metabolismo energético en el proceso de lixiviación son controladas a través del potencial redox.

g. Densidad de pulpa

El proceso de biolixiviación requiere una densidad de pulpa menor al 20% ya que, en caso contrario no se obtienen resultados deseados. Así mismo, cabe resaltar que al incrementar la concentración de los sólidos aumenta la fricción generando un daño celular. Además, limitan la velocidad de transferencia de oxígeno ocasionando un mayor consumo de este y un mayor tiempo en el proceso (Rossi, 2001)

h. Sustrato de mineral

La composición del mineral es gran importancia para el proceso. Ya que, un alto contenido de carbonato o ganga aumentará el pH y la inhibición o suspensión

total de la actividad microbiana. Además, el porcentaje de lixiviación está sujeto a la superficie total del sustrato, por ende, una disminución en el tamaño de la partícula representa un incremento en los rendimientos del metal. Se considera que un tamaño óptimo para el proceso es de 42µm.

i. Nutrientes

Los microorganismos requieren fuentes nutricionales para el desarrollo. Los cuales, se pueden adquirir a partir del mismo mineral, como amonio, fosfato, fosfato, azufre, iones metálicos entre otros. Cabe resaltar, que el magnesio es uno de los principales nutrientes ya que, permite la fijación de CO₂, así como el fosfato que es requerido para el metabolismo energético.

j. Inhibidores de la biolixiviación

En los procesos de molienda o por la acción del agente lixivante se pueden liberar iones con concentraciones tóxicas para los microorganismos hierro-oxidantes, alterando su crecimiento y actividad. Así como, las sales de potasio que a una baja concentración generan una fuerte inhibición en la oxidación de los iones ferrosos. El cloruro de sodio en concentraciones mínimas como 10mM inhibe el crecimiento celular y la oxidación de ferroso. El nitrato en concentraciones mínimas de 94Mm inhiben casi totalmente la oxidación de iones ferrosos y el crecimiento de *A. ferrooxidans*. Mientras, que el sustrato en altas concentraciones puede ocasionar la inhibición momentánea de la actividad microbiana (Pradhan et. al., 2008).

k. Fuente de energía

La biolixiviación se basa en la solubilización del mineral a través de un proceso químico producto de la acción del hierro y/o acción ácida. Es decir, este proceso, es independiente a la temperatura donde se desarrollen. Los microorganismos, empleados en este proceso se caracterizan por ser oxidantes de hierro y azufre los cuales, servirán como donantes de electrones durante la respiración (Douglas, 2005).

- Oxidación de hierro

Consiste en la donación de electrones a través de la oxidación de hierro ferroso a hierro férrico. El par redox de Fe²⁺/Fe³⁺ se caracteriza por un potencial de electrodo estándar muy positivo. Por ello, solo el oxígeno es capaz de actuar

como aceptor de electrones natural y en presencia de protones siendo el producto de la reacción del agua.

- **El azufre como fuente de energía**

Las bacterias acidófilas se desarrollan especialmente en un medio rico en ácido sulfúrico. El cual, es producido por la oxidación de los RICs (reducción de compuestos de azufre inorgánicos). Los RICs, funcionan como donador de electrones con el oxígeno que actúa como aceptor, oxidando el sulfuro presente en el mineral a sulfato liberando una mayor energía que cuando se oxida el hierro (Schippers, 1999).

1.3.2. Lixiviación química

Es el proceso por el cual, ciertos minerales como el cobre, la plata libre u óxidos de cobre son dispuestos en pilas (Pads de lixiviación) para ser rociados por una determinada solución. El cual, diluye los contenidos metálicos deseados formado así, una solución rica en metales. Los cuales, serán sometidos a procesos físico químicos con la finalidad de recuperar los metales. Para lixiviar los óxidos de cobre se emplea.

ácido sulfúrico luego, se procede a su electro refinación. En el caso del cobre o plata se emplea el ácido sulfúrico de sodio y posteriormente a la solución rica se añade el polvo de zinc para su respectiva precipitación (Manual de minería, sf, pp. 51).

1.3.2.1. Variables del proceso de lixiviación

a. Granulometría

Según Miller (1999) la cinética del proceso está relacionada a la molienda ya que, mientras más fino la partícula mejor serán los resultados. Así mismo, señala la capacidad de permeabilidad y aireación favorecen a una moliente más gruesa. Por ello, el tamaño óptimo está sujeto a los factores y al costo de la molienda.

b. Tiempo de lixiviación

El tiempo del proceso es determinada por la cinética del mineral ya que, este determina la estancia óptima del mineral en el pad de lixiviación

c. Especies mineralógicas de la ganga

La concentración y la velocidad de la disolución de cobre durante el proceso de lixiviación química empleando H_2SO_4 a partir de minerales oxidados/sulfurados no dependen únicamente de las condiciones externas ni tampoco de la mineralogía, sino que dependen principalmente de las posibles reacciones químicas que se generen durante el proceso entre el agente lixivante y la ganga presente que recubre el metal deseado.

Generalmente, las gangas en minerales pórfidos de cobre están compuestas en un 95% por especies silicatadas, carbonatos, sulfatos y los óxidos e hidróxidos de Hierro. Por ello, su influencia sobre el proceso de lixiviación puede exponerse por medio del uso de H_2SO_4 , la cinética de disolución y el grado de penetración de las partículas, además existen otras variables que también son necesarias a considerar como son: Tasa de Riego, Concentración de Ácido sulfúrico, etc.

1.3.2.2. Proceso de lixiviación por H_2SO_4

El ácido sulfúrico ampliamente utilizado en la lixiviación del cobre es un agente lixivante. Una fuente de producción de ácido sulfúrico (H_2SO_4), es el SO_2 . Elaborado en las fundiciones de cobre, puesto que permite disminuir la polución y así poder obtener el subproducto con un costo relativamente bajo. Pues el consumo de dicho ácido tiene un costo muy significante durante el proceso extractivo.

Así mismo, el consumo de ácido absorbe de un 20 a 40% aproximadamente del costo de producción unitario. Pues el oxígeno atmosférico y el ion férrico producido por acción bioquímica en los minerales, son los agentes oxidantes más económicos y empleados en diversos sistemas oxidantes para el cobre (Habashi, 1999).

1.3.2.2.1. Factores de influyen

a. Efecto de agitación

El proceso de lixiviación del cobre es regulado por la difusión. Por ello, la velocidad de disolución se incrementa al incrementar la agitación. Así mismo, la velocidad de disolución del cobre está sujeto al espesor de la capa de difusión y las características de mezcla de la solución.

b. Efecto del tamaño de la partícula

Ling et. al. (1996) han estudiado el efecto del tamaño de la partícula en la conversión de cobre y encontraron que ante un menor tamaño de partícula se puede mejorar la velocidad de disolución del cobre. Ya que, ante menor tamaño de la partícula mayor será el área de contacto entre el sólido y el líquido aumentando así la velocidad. Sin embargo, Kondos et. al. (1995) señalan que al incrementar la fracción de la molienda para hacerla más fina también aumentará el consumo de ácido sulfúrico, pero no incrementará el porcentaje de recuperación de cobre probablemente porque, el cobre residual está presente en oclusiones muy fina o en solución sólida en la matriz del mineral.

c. Efecto de la densidad de la suspensión

La densidad de la suspensión típica durante el proceso de lixiviación oscila entre 35% a 50% de sólidos. Lo cual depende, de factores como la gravedad específica de sólidos, tamaño de partícula y la presencia de minerales que afectan viscosidad de la suspensión, por ejemplo, arcilla. Cabe resaltar, que la transferencia de masa se maximiza cuando la densidad de la suspensión disminuye (Shrithammavut, 2008).

1.3.3. Calcopirita

La calcopirita es representada químicamente por la fórmula $CuFeS_2$, además está compuesta principalmente por Hierro en estado férrico. Sin embargo, se generan mezclas en las cuales el hierro también se encuentra en estado ferroso (Ferreira, 1975). Se puede encontrar junto con otros sulfuros de cobre y minerales primarios de formación magnética obteniéndose en forma de pirita cuprífera y pirrotita. Así mismo, pueden encontrarse en vetas metalíferas, rocas ígneas, depósitos y en las zonas de enriquecimientos secundario de algunos yacimientos. Se caracteriza, por presentar un color dorado, una densidad entre 4.1 a 4.3g/cm³ y un punto de fundición de 880°C una densidad entre 3.5 a 4.0 según la escala Mohr (Gautier, 2009).

1.3.4. Efluente líquido minero – metalúrgico

Son flujos descargados al medio ambiente, provenientes de:

- De cualquier labor, excavación o trabajo efectuado en el terreno, o de cualquier planta de tratamiento de aguas residuales asociadas con labores, excavaciones o trabajos efectuados dentro de los linderos de la Unidad Minera.
- De depósitos de relaves u otras instalaciones de tratamiento que produzcan aguas residuales.
- De concentradoras, plantas de tostación, fundición y refinerías, siempre que las instalaciones sean usadas para el lavado, trituración, molienda, flotación, reducción, lixiviación, tostación, fundición, refinación, o tratamiento de cualquier mineral, concentrado, metal, o subproducto.
- De campamentos propios.
- De cualquier combinación de los antes mencionados

1.4. Formulación del problema

1.4.1. Problema general

¿Cuál será la comparación de los efluentes de lixiviación de los procesos biológico y químico de la calcopirita en la recuperación de cobre en laboratorio 2018?

1.4.2. Problemas específicos

- Problema específico 1

¿Cuáles son las características de la calcopirita en los efluentes de lixiviación de biológica y química en la recuperación de cobre?

- Problema específico 2

¿Cuáles son la característica del microorganismo en la generación de efluentes para la recuperación de cobre de la calcopirita?

- Problema específico 3

¿Cuál son las características químicas en el efluente de lixiviación del proceso biológico y químico en la recuperación de cobre de la calcopirita?

- Problema específico 4

¿Cuál proceso es más eficiente en la recuperación de Cu a partir de la CuFeS_2 ?

1.5. Justificación del estudio

- **Conveniencia:** El desarrollo de nuevas tecnologías como la biolixiviación de la calcopirita por *Acidithiobacillus* y *Leptospirillum*, representan un potencial significativo para agregar valor a las industrias mineras a fin de ofrecer un entorno ambiental atractivo y beneficios sociales para todos los asociados (Pradhan, 2008).
- **Relevancia social:** Estudio de los efluentes de los procesos de lixiviación química y biológica de la calcopirita de en la recuperación de cobre.
- **Económica:** La implementación de la bacteria *Acidithiobacillus* y *Leptospirillum* al proceso de lixiviación de calcopirita disminuirá los costos de producción ya que, se requiere una menor cantidad de ácido sulfúrico de sodio para la lixiviación. Así mismo, el estudio recomienda usar bacterias nativas del DAM.
- **teórico:** Elaborar un análisis comparativo de los efluentes provenientes de la lixiviación química y biológica de la calcopirita en la recuperación de cobre a escala de laboratorio.
- **Aporte práctico:** la aplicación de la biolixiviación de la calcopirita por *Acidithiobacillus* y *Leptospirillum* en la recuperación de cobre permitirá reducir el consumo de H_2SO_4 y optimizará el proceso de lixiviación.
- **Ambiental:** Comparación entre los efluentes provenientes dos tratamientos de lixiviación en la recuperación de Cu a partir de mineral refractario. Con la finalidad, analizar su impacto con los cuerpos de agua.

1.6. Hipótesis

1.6.1. Hipótesis general

H_1 : Los efluentes de la lixiviación de los procesos biológico y químico de la calcopirita en la recuperación de cobre en laboratorio 2018 presentan diferentes características.

H_0 : Los efluentes de la lixiviación de los procesos biológico y químico de la calcopirita en la recuperación de cobre en laboratorio 2018 no presentan diferentes características.

1.6.2. Hipótesis específicas

- Hipótesis Específica 1

H₁: H₁: Los efluentes procedentes de los procesos de lixiviación se caracterizan por presentar concentraciones principalmente de SO₄ y Fe procedentes de la oxidación del Fe y S presente en la CuFeS₂.

H₀: Los efluentes procedentes de los procesos de lixiviación no caracterizan por presentar concentraciones principalmente de SO₄ y Fe procedentes de la oxidación del Fe y S presente en la CuFeS₂.

- Hipótesis Específica 2

H₁: Los microorganismos empleados son sulfuro y hierro reductoras permitiendo la lixiviación biológica de la calcopirita en la recuperación de cobre.

H₀: Los microorganismos empleados no son sulfuro y hierro reductoras impidiendo la lixiviación biológica de la calcopirita en la recuperación de cobre.

- Hipótesis Específica 3

H₁: Los efluentes generados por el proceso de lixiviación biológica presentan una menor concentración de contaminantes en comparación al método químico.

H₀: Los efluentes generados por el proceso de lixiviación química presentan una menor concentración de contaminantes en comparación al método biológico

- Hipótesis Específica 4

H₁: La lixiviación biológica de la calcopirita es más eficiente que la lixiviación química en la recuperación del Cu.

H₀: La lixiviación química de la calcopirita es más eficiente que la lixiviación química biológica en la recuperación del Cu.

1.7. Objetivo

1.7.1. Objetivo general

Analizar la comparación de los efluentes de lixiviación de los procesos biológico y químico de la calcopirita en la recuperación de cobre en laboratorio 2018.

1.7.2. Objetivo específicos

- **Objetivo Específicos**

Evaluar las características de los efluentes de lixiviación de los procesos biológico y químico de la calcopirita en la recuperación de cobre

- **Objetivo Específicos 2**

Evaluar las características de la biolixiviación (microorganismo) en la generación de efluentes para la recuperación de cobre de la calcopirita.

- **Objetivo Específicos 3**

Determinar la concentración de contaminantes presentes en el efluente de lixiviación por el método biológico y químico en la recuperación de cobre de la calcopirita

- **Objetivo Específicos 4**

Determinar qué proceso de lixiviación es más eficiente en la recuperación de Cu.

II. MÉTODO

2.1. Diseño de investigación

El presente estudio presenta un diseño de investigación según:

- **Por su tipo**

La presente investigación es del tipo aplicada porque, hará uso de conocimientos obtenidos a través de la investigación Básica y se aplica en la práctica. Cabe resaltar que, en la investigación aplicada, el investigador busca resolver un problema conocido y encontrar respuesta a una pregunta específica (Murillo, 2008).

- **Por su diseño**

La presente investigación presenta un diseño experimental al pretender diseñar y aplicar un estímulo (variable independiente) y conocer sus efectos en la variable dependiente.

- **Por su alcance**

La presente investigación sigue un alcance correlativo al pretender establecer las causas de los sucesos o fenómenos que se estudian.

2.2. Variables, operacionalización

En este apartado se describe las variables empleadas para dar respuesta al problema general formulado al inicio de la investigación.

2.2.1. Identificación de variables

Variable independiente (X): LIXIVIACIÓN BIOLÓGICA Y QUÍMICA DE LA CALCOPIRITA

Variable dependiente (Y): EFLUENTES DE LIXIVIACIÓN EN LA RECUPERACIÓN DE COBRE

VARIABLE		DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
INDEPENDIENTE	LIXIVIACIÓN BIOLÓGICA Y QUÍMICA DE LA CALCOPIRITA	La lixiviación es proceso de oxidación de sulfuros metálicos a través de reacciones químicas que tienen como objetivo la disolución de minerales, solubilizándolos y liberando concentrados de cobre (Pérez, 2016; pp. 15)	En el caso del proceso biológico se variará la concentración del mineral y microorganismos pero, en el caso del proceso químico solo se empleará una solo dosis.	Características de la calcopirita	Cobre	%
					Sulfuro	%
					Hierro	%
					Oro	%
				Características de los microorganismos	Sulfuro y hierro reductoras	%
					Aeróbicas	O ₂
					Medio de cultivo	K9
				Proceso	Acidófilas	pH
					Dosis	%
					Tiempo	Días
	Concentración CuFeS ₂	mg				
DEPENDIENTE	EFLUENTE DE LIXIVIACIÓN EN LA RECUPERACIÓN DE COBRE	Los efluentes de lixiviación son los residuos generados durante la etapa de precipitación de los sulfuros (Cueto, F; Rondón, E y Fuentes, R; 2003; pp. 79)	Las muestras obtenidas de los efluentes del proceso de lixiviación biológica y química serán analizados en laboratorio para evaluar sus características	Características química	Sulfato	%
					Hierro	%
					Arsénico	%
					pH	1.5-2.5
				Eficacia del proceso	Recuperación de cobre	%
					Peso	mg

2.3. Población y muestra

2.3.1. Población

La población a considerar en la presente investigación es el mineral de calcopirita proveniente de Cajamarca.

2.3.2. Muestra

La muestra a considerar en la presente investigación 5kg de mineral de calcopirita

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

2.4.1. Técnicas

La técnica empleada fue la observación del proceso.

2.4.2. Instrumentos de recolección de datos

Se realizó mediante las fichas técnicas de recolección de datos los cuales, estarán en el anexo N° 1

2.4.3. Validez y confiabilidad

La validez de los instrumentos se realizó mediante una evaluación a juicio de tres expertos del tema de investigación. (Ver anexo N°1)

2.4.4. Metodología del experimento

2.4.4.1. Duración del experimento

Se estima que inicio de la fase experimental del proyecto inicio a mediados del mes de julio y finalizará a fines de noviembre del presente año

2.4.4.2. Tratamientos

T1: Lixiviación Química

T2: Lixiviación Biológica

2.4.4.3. Materiales y equipo

Materiales

- 10Kg de muestra de mineral de calcopirita
- 2L de muestra de agua ácida
- Placas Petri
- Matraz Erlenmeyer
- Vaso precipitado

- Asa de Drugalsky
- Pipeta
- Bagueta
- Incubadora

Equipos

- 01 Microscopio
- Shaker
- Peachimetro
- Auto clave
- chancadora de quijada – primaria
- pulverizadora de disco

Reactivos

Lixiviación Biológica

- Sulfato de amonio ((NH₄))
- Cloruro de potasio (KCl)
- Fosfato ácido de potasio (K₂HPO₄)
- Sulfato de magnesio de hierro heptahidratado (MgSO₄.7H₂O)
- Nitrato de calcio (Ca(NO₃)₂)
- Sulfato de hierro heptahidratado (FeSO₄.7H₂O)
- Ácido sulfúrico (H₂SO₄)
- Solución buffer de pH 4.7 y 10

Lixiviación Química

- Ácido sulfúrico al 98% (H₂SO₄)

2.4.4.4. Procedimiento

Caracterización mineralógica

Para efectuar el análisis microbiológico se procedió a pesar en un bol de cerámica aproximadamente 100 gr del mineral fino. Se lava la muestra hasta eliminar los restos de arena o tierra, una vez eliminado el exceso agua es llevada a la estufa a 120°C por 45 minutos. Al termino del tiempo, la muestra es llevado a un desecador por 20 minutos para deshidratar la muestra.

Posteriormente, con ayuda de una espátula se toma una porción de la muestra para ser colocada en una luna reloj finalmente, la muestra es llevada al microscopio para su observación.



Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Figura 2. 1. Pasos del análisis microbiológico

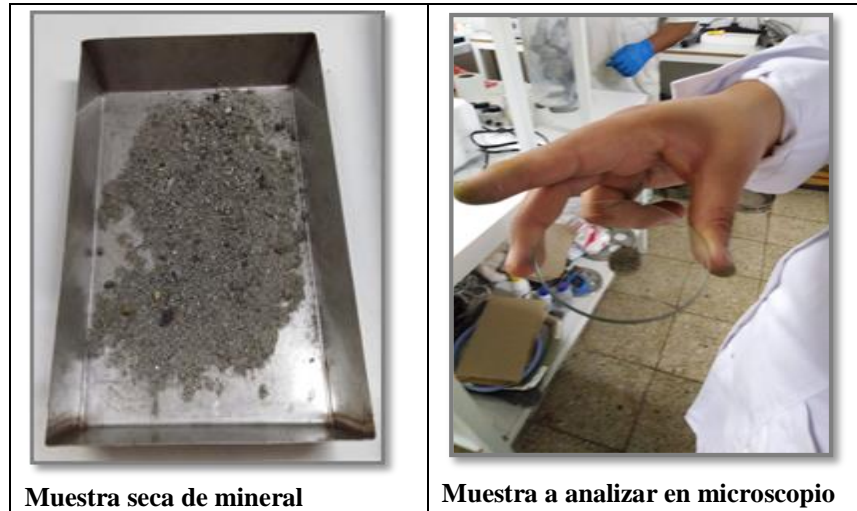
- **Análisis granulométrico**

Acondicionamiento de la muestra

El acondicionamiento de la muestra se dio en 2 etapas:

1^{era} Etapa

La muestra inicial estaba presentaba una granulometría de aproximadamente 4 a 5 pulgadas de espesor. Por ello, se pasó por una chancadora de quijada – primaria logrando obtener una granulometría de una cuarto.



Muestra seca de mineral

Muestra a analizar en microscopio

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Figura 2. 2. Pasos del análisis microbiológico

- **Análisis granulométrico**

Acondicionamiento de la muestra

El acondicionamiento de la muestra se dio en 2 etapas:

1^{era} Etapa

La muestra inicial estaba presentaba una granulometría de aproximadamente 4 a 5 pulgadas de espesor. Por ello, se pasó por una chancadora de quijada – primaria logrando obtener una granulometría de una cuarto.



Fuente: Elaboración Propia, 2018

Figura 2. 3. Muestra inicial

2^{da} Etapa

En la 2^{da} etapa se procedió a pasar la muestra obtenida en la chancadora de quijada por la pulverizadora de disco logrando obtener las siguientes granulometrías.

Granulometría

Para la determinación de la granulometría se procedió a homogenizar la muestra del mineral obtenida en la 2da etapa del acondicionamiento. Luego, se realizó un cuarteo y se homogeniza los volúmenes en forma de aspa y se colocaron en bolsas para muestreo.



Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura 2. 4. Técnica del cuarteo

Posteriormente, se pesó 500 g de la muestra homogenizada. Luego, se procedió al tamizado en mallas de 2mm, 1mm, 0.6mm, 0.355mm, 0.180mm y 0.150mm. El proceso, consistió en tamizar la muestra de mineral pulido en mallas de mayor a menor diámetro. El material que presentó una mayor granulometría a la malla empleada fue retirado con cuidado y pesado, mientras que el material que presentó una menor granulometría se retiró con cuidado y fue tamizado en una malla menor. El proceso se repitió de forma correlativa de mayor a menor hasta llegar a la última malla.



Fuente: Elaboración propia, 2018

Figura 2. 5. Tamizado de la muestra

- **Análisis de humedad**

Para el análisis de humedad se empleó 10.023g de la muestra homogeneizada el cual, fue pesado en un crisol de porcelana previamente pesado y llevado a la estufa por 45min a una temperatura de 105°C.

Luego, del tiempo indicado es retirado de la estufa y se deja enfriar por 30 min a continuación, el crisol fue llevado al desecador por 15 min para eliminar la humedad en la muestra. Finalmente, se pesa el crisol con la muestra y se aplica la formula líneas abajo.

- **Análisis de la muestra por Cu**

La muestra pulverizada ha sido tamizada en una malla 60% - N° 200 (La muestra a tamizar debe estar seca). Luego, en un matraz Erlenmeyer de 250ml se procedió a pesar 0.2519g en una balanza analítica de 4 dígitos Eurolab. La muestra es llevada a una plancha de digestión donde se adicionaron los siguientes reactivos:

- 10ml de HNO₃. El cuál, reacciona formado HNO₂ producto de las reacciones químicas. Cuidar la muestra hasta conseguir una consistencia pastosa.
- 6 ml HCl, controlar la digestión de la solución hasta conseguir una consistencia pastosa.
- 8 ml H₂SO₄ cuproso, controlar la digestión hasta que la muestra se sulfata y tenga una consistencia pastosa.



Fuente: Elaboración Propia, 2018

Figura 2. 6. Sulfatación de la muestra

La solución obtenida en la plancha de digestión se deja enfriar y se adiciona 50ml de agua destilada posteriormente, se añade lo siguientes reactivos:

- 5ml NH_4OH y se vuelve a llevar a la plancha hasta aproximadamente por 5min o hasta casi eliminar el NH_4OH .
- 1 a 2gr de NH_2HF_2 y 3 a 4ml de ácido acético previa agitación, se deja en la plancha de digestión por 4 minutos aproximadamente.

Una vez retirada la muestra es llevada a laboratorio para su enfriamiento y posterior titulación. Para ello, se adiciona:

- 1ml de solución AgNO_3 al 2% de pureza
- 4g de KI se agita y se procede a titular $\text{Na}_2 \text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ de concentración de 0.10N hasta que aclare la solución.

- 1 o 2 ml de almidón para obtener un viraje exacto. La titulación se debe dar hasta lograr una solución de blanco lechoso.

Finalmente, se procede a calcular el %Cu inicial en la muestra con la siguiente ecuación.

$$\%Cu = \frac{V_{gt} \times V_t}{W_{muestra}} \times 100 \dots (5)$$

Tabla 2. 1. Titulación de análisis de Cu

W_m	Titulación	V_{gt}
0.2503	4.7577	1 ml

Fuente: Elaboración Propia, 2018

a. Cultivo de bacterias

- Identificación microbiológica

Para la identificación microbiológica se tomó una muestra del agua ácida de mina a emplear previa agitación, el cual con ayuda de una pipeta se añadió unas gotas a una luna reloj que sería analizado en el microscopio.

- Preparación y enriquecimiento de la solución 9K

Sales básicas

Para la preparación de la solución 9K se pesó las siguientes sales básicas de forma independiente en vasos precipitados de 120 ml.

- Sulfato de amonio $(NH_4)_2SO_4$ - 3g
- Cloruro de potasio KCl – 0.1g
- Biofosfato de potasio K_2HPO_4 – 0.5g
- Sulfato de magnesio heptahidratado $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ – 0.5g
- Nitrato de calcio $Ca(NO_3)_2$ - 0.01g



Fuente: Elaboración Propia, 2018

Figura 2. 7. Sales básicas

En un vaso precipitado de 1L se añadió 200ml de agua destilada luego, se procedió a añadir cada una de las sales básicas pesadas en los vasos precipitados. Los cuales, fueron enjuagados con agua destilada y vertidas a la solución. Posteriormente, se añadió 0.1ml de H_2SO_4 a 10N. Finalmente, se enrazó la solución hasta los 700 ml con agua destilada.

Fuente de energía

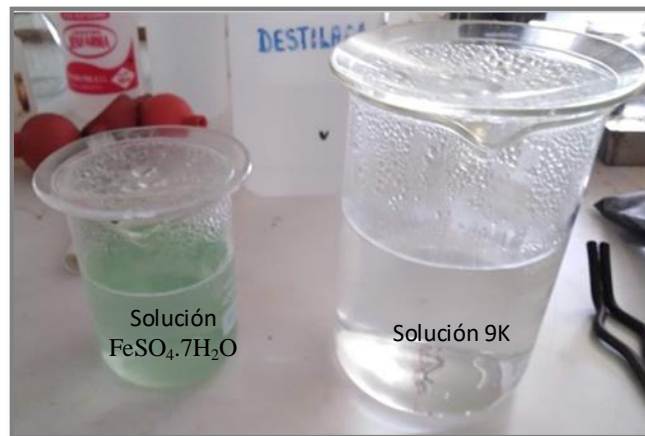
En un vaso precipitado de 400ml se adicionó 250ml de agua destilada y 0.8ml de H_2SO_4 . Luego, se añadió 44.2g de $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ y se agitó hasta completar la disolución de la sal. Finalmente, se enrazó hasta los 300ml con agua destilada y con la ayuda de una bagueta se agitó hasta homogenizar la solución.

Una vez preparada las soluciones se debe controlar que su pH sea 1.5. Posteriormente, los vasos precipitados se tapan con una luna reloj cada una y son llevados a la autoclave por 25min a una presión de 120 psi y a $121^\circ C$ de temperatura. Finalizado el tiempo, se retiraron con cuidado de no destaparlos y se dejó enfriar para luego, mezclar las soluciones y formar 1L de la solución 9K. $FeSO_4 \cdot 7H_2O$.



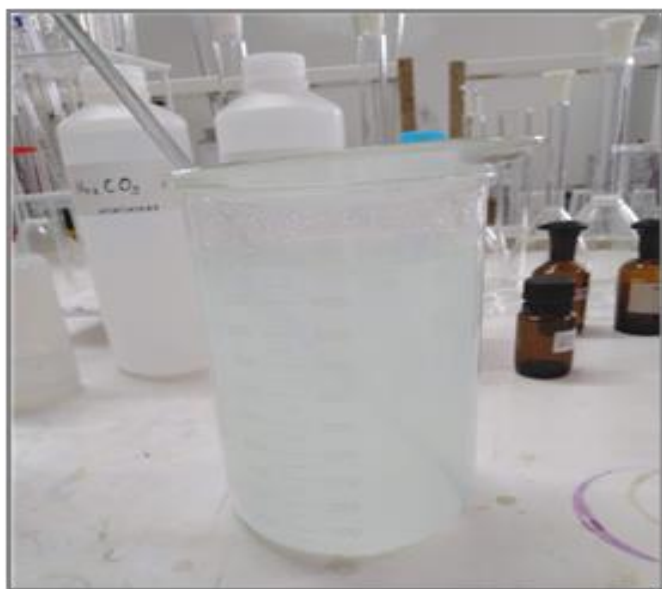
Fuente: Elaboración Propia, 2018

Figura 2. 8. Esterilización de las soluciones por autoclave



Fuente: Elaboración Propia, 2018

Figura 2. 9. Solución 9k y FeSO₄·7H₂O.



Fuente: Elaboración Propia, 2018

Figura 2. 10. Solución 9K. $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

➤ **Aislamiento de bacterias**

El aislamiento bacteriano se realizó empleando la solución 9K $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ como medio de cultivo. Una vez, enfriada la solución se dosificó en dosis de 150 ml, 100ml y 50ml con 3 repeticiones cada una, en envases de plástico de color blanco con tapa y de 250 ml debidamente rotulado. Luego, se agregó agua proveniente del drenaje ácido de mina en porcentaje de 10%, 5% y 2% a la solución a emplear respectivamente.



Fuente: Elaboración Propia, 2018

Figura 2. 11. Materiales para el cultivo de bacterias



Fuente: Elaboración Propia, 2018

Figura 2. 12. Cultivo de bacterias acidófilas

Posteriormente, las muestras son cerradas con sus respectivas tapas y son llevadas a un agitador Shaker HY-5 por 15 min a 250 RPM, terminado el tiempo de agitación las muestras son llevadas a un cooler por 7 días y mantenidas a temperatura ambiente.

b. Proceso de Lixiviación

Para obtener el efluente en cada uno de los procesos de lixiviación empleados en la presente investigación se aplicaron 3 leyes de cobre, siendo la primera ley la solución rica, la segunda ley la solución media y la tercera ley el efluente del proceso de lixiviación. Cabe resaltar que, en cada proceso de lixiviación se desarrollaron 3 tratamiento así mismo, 3 repeticiones por cada uno.

➤ **Lixiviación Química.**

El proceso de lixiviación química se desarrolló en 3 tratamientos empleando al H_2SO_4 como agente lixivante, para ello se:

- Prepararon soluciones al 10%, 5% y 2% de concentración de H_2SO_4 en vasos precipitados de 250ml.
- Rotularon 9 vasos precipitados señalando la cantidad de mineral, el porcentaje de la solución lixivante (H_2SO_4) y el tiempo de duración del tratamiento. Pesar en vasos precipitados concentraciones de mineral homogenizado de 150g, 100g y 50g.
- Pesó el mineral requerido en cada tratamiento como se indica en cada vaso rotulado. Para ello, se empleó una balanza analítica de 3 dígitos.
- Adicionó el agente lixivante al 10%, 5% y 2% de concentración de H_2SO_4 en los vasos precipitados con concentraciones de 150g, 100g y 50g de mineral respectivamente.
- Agitó la muestra con ayuda de una bagueta y dejar reposar según los días indicado en cada tratamiento.

Luego, de obtener una 1^{era} ley se procedió agregar el agente lixivante en la misma concentración y volumen. Este proceso se va repetir hasta obtener la 3^{era} ley, en cada tratamiento y en sus respectivas repeticiones.



Fuente: Elaboración Propia, 2018

Figura 2. 13. Rotulación de vasos precipitados



Fuente: Elaboración Propia, 2018

Figura 2. 14. Lixiviación Química

Tabla 2. 2. Duración de tratamiento

Mineral	Tratamiento 1			Tratamiento 2			Tratamiento 3		
	50g			100g			150g		
Dosis	2%			5%			10%		
	T1. 7	T2. 14	T3. 21	T1. 7	T2. 14	T3. 21	T1. 7	T2. 14	T3. 21
1 ^{era} Ley	2	5	7	2	5	7	2	5	7
2 ^{da} Ley	2	5	7	2	5	7	2	5	7
3 ^{era} Ley	3	4	7	3	4	7	3	4	7
Tiempo total	7	14	21	7	14	21	7	14	21

Fuente: Elaboración Propia, 2018,

➤ Lixiviación biológica

El proceso de lixiviación biológico se desarrolló en 3 tratamientos empleando la solución $9K\ FeSO_4 \cdot 7H_2O$ como agente lixivante, para ello se:

- Rotulación de vasos precipitados y pesado con las respectivas concentraciones de mineral a emplear en cada tratamiento (50g, 100g y 150).
- Las muestras de mineral son vertidas a los envases donde se desarrolló el inóculo según sus respectivas concentraciones.
- Los envases son tapados respectivamente y llevados a un agitador Shaker HY-5 por 15 min a 250 RPM
- Finalmente, las muestras son destapadas y se dejan reposar en un cooler cerrado por el tiempo requerido en cada uno de los tratamientos (*Ver cuadro N° 2.2*).

2.4.4.5. Parámetros a evaluar

Los parámetros a evaluar en los efluentes generados en ambos procesos de lixiviación de la calcopirita en la recuperación de cobre serán sus características químicas, es decir su composición (sulfato, aluminio, manganeso, hierro y pH), para lo cual, se enviará las muestras a un laboratorio certificado. En el caso del pH y los parámetros físicos serán evaluados en el laboratorio de biotecnología de forma in vitro. Finalmente, se realizará un análisis mineralógico a la muestra obtenido en el proceso determinando la eficacia de la recuperación del cobre en ambos procesos.

2.4.4.6. Análisis químicos

Los análisis químicos realizados son:

- Parámetros físico químicos
- Metales pesados en agua

2.5. Análisis de datos

El actual estudio de investigación se realiza mediante ajustes de los parámetros de los efluentes obtenidos del proceso biológico y químico, el experimento se llevará a cabo bajo un diseño complementario al azar de dosis por tiempo, con dos tratamientos y tres repeticiones. Además, se empleará el análisis de varianza (SAS) y Tukey para la confirmación de las hipótesis planteadas en la investigación.

El modelo aditivo lineal será:

$$Y_{ij} = u + P_i + E_{ij} \dots (6)$$

Dónde:

Y_{ij} : l efecto de i-enésimo tratamiento del j-enésimo repetición

u: Es la medida poblacional

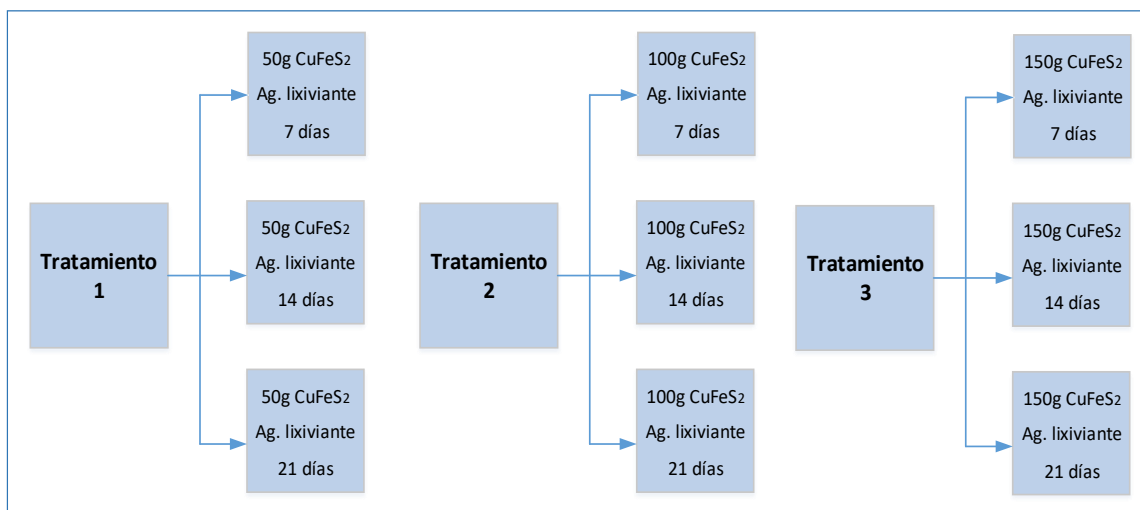
P_i : Es el efecto del i-enésimo tratamiento

E: Es el error exponencial

P es de Proceso $i=3$ y las repeticiones son $j=3$

El diseño experimental de la presente propuesta de investigación se muestra en diagrama 2.1

Las medias serán evaluadas mediante la prueba de ANOVA y TUKEY, para las figuras y tablas se usará el Excel.



Fuente: Elaboración Propia, 2018

Diagrama 2. 1. Método de análisis

2.6. Aspectos éticos

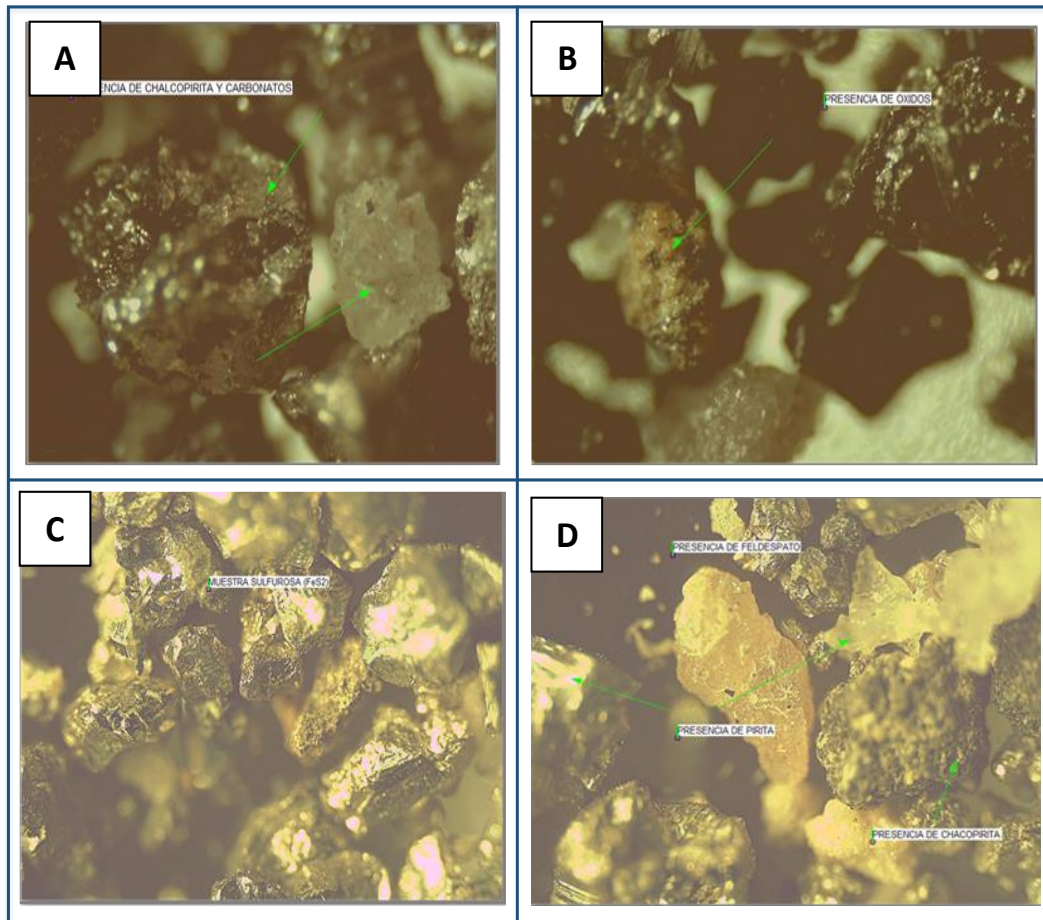
El presente proyecto se realizará de forma objetiva con la finalidad de obtener la veracidad de los resultados; el respeto por la propiedad intelectual; el respeto por las convicciones políticas, religiosas y morales; respeto por el medio ambiente y la biodiversidad; responsabilidad social, política, jurídica y ética; respeto a la privacidad; proteger la identidad de los individuos que participan en el estudio; honestidad, etc.

III. RESULTADOS

3.1. Caracterización del mineral

➤ Análisis microscópico

El análisis microscópico de la CuFeS_2 fue realizado a través de un microscopio y empleando una resolución de 500x permitiendo obtener las siguientes micrografías en donde se aprecia algunos de sus componentes del mineral a estudiar.



Fuente: Elaboración Propia, 2018

Figura 3. 1. Vista microscópica del mineral.

(A) Presencia de carbonatos y calcopirita (B) se logró visualizar presencia de óxidos. (C) muestras sulfurosas (FeS_2) que se caracterizan por su color amarillo y brillo metálico, además, de su forma octaédrica. (D) presencia de feldespato y de pitita (FeS_2).

➤ **Análisis de cabeza**

A continuación, se reportan las concentraciones de los principales compuestos presentes en la muestra de CuFeS_2 obtenidos a través, de un análisis de cabeza. El cual, relaciona el peso del mineral y el peso del concentrado.

Tabla 3. 1. Concentraciones de muestra de cabeza

Código	%Cu	%Fe	%Mn	%As	Au onz/tn	%SO ₄ ⁻	S
Ley cabeza	0.1902	3.456	0.0007	0.0056	0.0003	4.5	0.06

Fuente: Elaboración Propia, 2018

En la tabla 3.1. Se observa, que los principales compuestos son el SO₄ y Fe presentes en un 4.5% y 3.456%, respectivamente. Mientras, que los otros compuestos presentes son el Cu en un 0.192%, Mn en 0.007%, As en 0.0056% y una mínima presencia de Au en 0.0003%.

➤ **Análisis de granulometría**

Tabla 3. 2. Granulometría de mineral

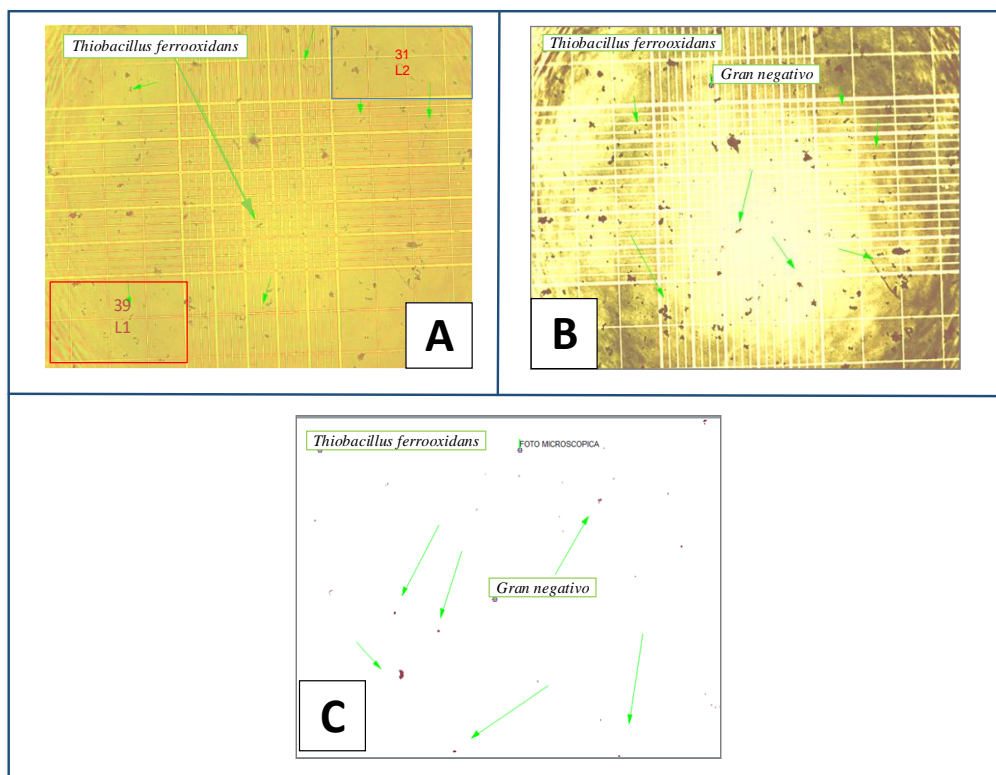
N° Malla	Abertura (mm)	Peso registrado (g)	Peso retenido (%)	Peso acumulado (%)	
				+ Retenido	- Pasa
+10	2	0.014	2.81	0.00	100.00
+18	1	0.118	23.65	2.81	76.35
+30	0.6	0.096	19.24	26.45	57.11
+45	0.355	0.057	11.42	45.69	45.69
+80	0.180	0.101	20.24	57.11	25.45
+100	0.150	0.025	5.01	77.35	20.44
-100		0.088	17.64	82.36	2.81
Totales		0.499	100.00	100.00	97.19

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

El análisis granulométrico determinó el mayor porcentaje de la muestra presentaba una granulometría entre 1 a 2 mm mientras, que el menor porcentaje de la muestra está conformada por una granulometría mayor a los 2mm. Cabe señalar, que la muestra presenta una granulometría menor a 0.150mm en un porcentaje de 17.64%.

3.2. Caracterización biológica

El análisis microscópico se realizó con el objetivo de identificar la presencia de la bacteria *Thiobacillus ferrooxidans* en el agua procedente del DAM, además se efectuó una estimación de la concentración de bacterias por ml de agua ácida empleando la ecuación (6).



Fuente: Elaboración Propia, 2018

Figura 3. 2. Micrográficas del DAM

En la primera imagen (A) captada del por el microscopio se observa la presencia de la bacteria *Thiobacillus ferrooxidans* en el agua procedente del DAM. Las cuales, presentan una forma de bacilos y un flagelo para su motilidad. (B) Al realizar la prueba de tinción, la pared celular de la bacteria se tornó de un color rosado lo cual, indicó que la muestra es Gran negativa. (C) Se observan las bacterias *Thiobacillus ferrooxidans*, así como la coloración de la prueba de tinción.

$$\text{concentración} \left(\frac{\text{bac}}{\text{ml}} \right) = \frac{\# \text{de bacterias} \times \text{dilución}}{(\# \text{de cuadrados})^2} \dots (6)$$

Datos:

N° de cuadrados: 16

N° de bacterias en L1: 39

N° de bacterias en L 2: 31

Promedio: 35 bacterias por 0.1 µl

Al realizarse, el respectivo cálculo se determina la concentración de: 21875 bacterias/ml.

3.3. Efluentes del proceso de lixiviación de la calcopirita

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en el análisis de efluentes tanto para el proceso biológico y químico de la calcopirita para los cuales, se empleó H₂SO₄ como agente lixivante químico y las bacterias *Thiobacillus ferrooxidans* en una solución 9K FeSO₄ como agente lixivante biológico.

➤ **Concentración de SO₄**

En la tabla 3.3 y 3.4 se observa las concentraciones de SO₄ obtenidos en los procesos de lixiviación de la calcopirita en cada uno de los tratamientos aplicados.

Tabla 3.3. Concentración de SO₄ en el efluente químico

SO ₄									
Químico									
CuFeS ₂ (g)	50			100			150		
Dosis (%)	2			5			10		
Tiempo (Días)	T1. 7	T2. 14	T3. 21	T1. 7	T2. 14	T3. 21	T1. 7	T2. 14	T3. 21
R1	7.8000	8.2000	3.1000	35.0000	39.2000	15.1000	55.5000	35.2000	28.4000
R2	7.7000	7.9000	3.4000	34.9000	38.8000	14.7000	57.0000	35.6000	30.1000
R3	7.9000	8.1000	3.2000	35.3000	37.9000	14.9000	56.5600	34.9000	29.4000
Promedio	7.8000	8.0667	3.2333	35.0667	38.6333	14.9000	56.3533	35.2333	29.3000

Fuente: Elaboración Propia, 2018

En la tabla 3.3, se muestran las concentraciones de SO₄ presentes en los efluentes de los tratamientos aplicados en proceso químico en la lixiviación de la CuFeS₂. La concentración de SO₄ varía según la concentración del mineral a lixiviar y de la duración del tratamiento aplicado. En los tres casos el menor porcentaje de concentración de SO₄ obtuvo en el tratamiento de 21 días de duración. Cabe resaltar, que la CuFeS₂ en presencia de H₂SO₄ forma CuSO₄ y Fe(SO₄) además, de la emisión de SO₂ a la atmosfera.

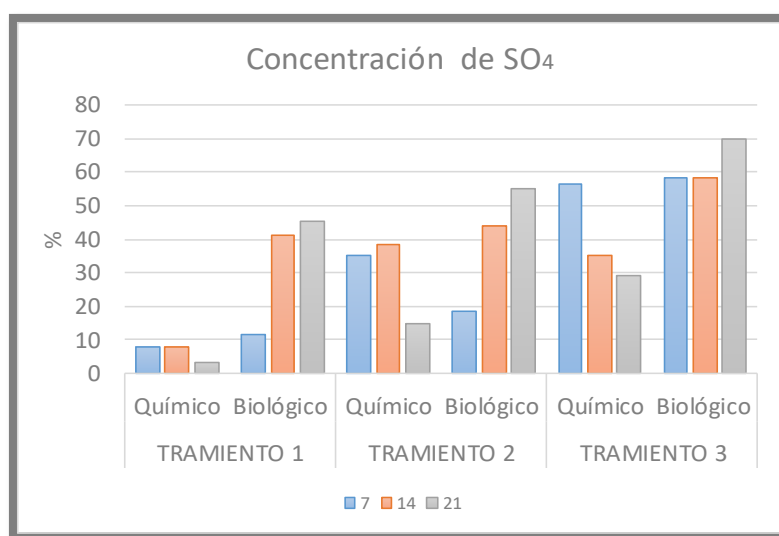
Tabla 3. 4. Concentración de SO₄ en el efluente biológico

SO ₄									
Biológico									
CuFeS ₂ (g)	50			100			150		
Dosis (%)	2			5			10		
Tiempo (Días)	T1. 7	T2. 14	T3. 21	T1. 7	T2. 14	T3. 21	T1. 7	T2. 14	T3. 21
R1	11.800	41.200	45.200	18.600	42.800	54.600	51.300	58.900	69.900
R2	11.100	41.600	45.500	18.900	43.800	55.200	51.600	58.400	69.900
R3	11.800	41.300	44.900	18.600	44.800	55.400	51.800	57.900	69.900
Promedio	11.567	41.367	45.200	18.700	43.800	55.067	51.350	58.400	69.900

Fuente: Elaboración Propia, 2018

En la tabla 3.4, se señalan las concentraciones de SO₄ presentes en los efluentes obtenidos de los tratamientos aplicados en proceso biológico en la recuperación de Cu. La concentración del SO₄ es directamente proporcional a la duración de proceso y a la cantidad de mineral a tratar siendo, el menor porcentaje de concentración de SO₄ obtenido en tratamiento de 7 días de duración en los 3 casos analizados. La concentración del SO₄ tiende a aumentar con relación al tiempo ya que, la bacteria *Thiobacillus ferrooxidans* son sulfuroductoras y funcionan como catalizador en las reacciones redox oxidando el S a SO₄ que será empleado en el metabolismo de la bacteria.

Gráfico 3. 1. Concentración de SO₄



Fuente: Elaboración Propia, 2018

En la gráfica 3.1. se observa las concentraciones de SO₄ en los efluentes obtenidos de los procesos de lixiviación química y biológica de la CuFeS₂.

La concentración de SO_4 es mayor en los efluentes provenientes del proceso biológico ya que, que las bacterias *Thiobacillus ferrooxidans* presentes en el agua del DAM oxidan el S de la $CuFeS_2$ a SO_4 para su metabolismo mientras que, en el caso químico se generan SO_4 debido a la reacción redox entre la $CuFeS_2$ y el H_2SO_4 .

Análisis estadístico

Tabla 3. 5. Análisis de varianza de SO_4

Fuente de variación	Grado de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medios	F Valor	Pr>F
Tratamiento	1	3078.500229	3078.500229	8.18	0.0062
Dosis	2	270.588844	135.294422	0.36	0.6997
Tratamiento*dosis	2	5823.884372	2911.942186	7.47	0.0012
Error	48	12342.67642	453.38514		
Corrected Total	53	14609.60211			

Fuente: Elaboración Propia, 2018

Según la tabla 3.5, de análisis de varianza se observa que existe significancia en los tratamientos ya que, el valor de P es menor a 0.05 lo cual, significa que los tratamientos aplicados son diferentes. Sin embargo, las dosis no presentan significancia ya que, los tratamientos empleados en cada proceso se caracterización por tener la misma concentración de agente lixivante y duración.

Tabla 3. 6. Análisis Tukey de SO_4

Grupo	Media	N	Tratamiento
A	43.654	28	B
B	28.542	26	Q

Fuente: Elaboración Propia, 2018

En la tabla 3.6 de análisis de Tukey se observa, que los tratamientos aplicados son diferentes, siendo el tratamiento químico el más eficiente porque genera una menor concentración de SO_4 en sus efluentes.

Tabla 3. 7. Análisis del grado de libertad

F calculada	F critico
8.18	4.04

Fuente: Elaboración Propia, 2018

Según, los resultados obtenidos en el análisis de grado de libertad se acepta la hipótesis alterna en las hipótesis específicas 2 y 3.

Hipótesis específica 2

H₁: Los efluentes procedentes de los procesos de lixiviación se caracterizan presentar concentraciones principalmente de SO₄ y Fe procedentes de la oxidación del Fe y S presente en la CuFeS₂.

Hipótesis específica 3

H₁: Los efluentes generados por el proceso de lixiviación química presentan una menor concentración de contaminantes en comparación al método biológico

➤ Concentración Fe

En la tabla 3.8 y 3.9 se observa la concentración de Fe obtenidos en el análisis de efluentes del proceso químico y biología del Cu FeS₂.

Tabla 3. 8. Concentración Fe en el efluente químico

CuFeS ₂ (g)	Fe								
	50			100			150		
	2			5			10		
Dosis (%)									
Tiempo (Días)	T1. 7	T2. 14	T3. 21	T1. 7	T2. 14	T3. 21	T1. 7	T2. 14	T3. 21
R1	4.7500	7.4500	3.5640	10.3200	7.3100	4.3600	48.3800	31.3100	25.3600
R2	4.6800	7.4000	3.5140	10.4200	7.2900	4.3100	48.4400	31.2500	25.2900
R3	4.7100	7.3900	3.5540	10.3600	7.4300	4.3000	48.4000	31.3600	25.3000
Promedio	4.7133	7.4133	3.5440	10.3667	7.3433	4.3233	48.4067	31.3067	25.3167

Fuente: Elaboración Propia, 2018

La tabla 3.8, muestra la concentración de Fe presente en los efluentes obtenidos de los distintos tratamientos aplicados en el proceso químico de la recuperación de Cu a partir de la calcopirita. La menor concentración de Fe en los 3 casos se obtuvo en el tratamiento de 21 días lo cual, denota que la

generación del Fe está sujeto a la duración del proceso, siendo 3.5440%, 4.3233% y 25.3167% las menores concentraciones obtenidas en cada caso analizado.

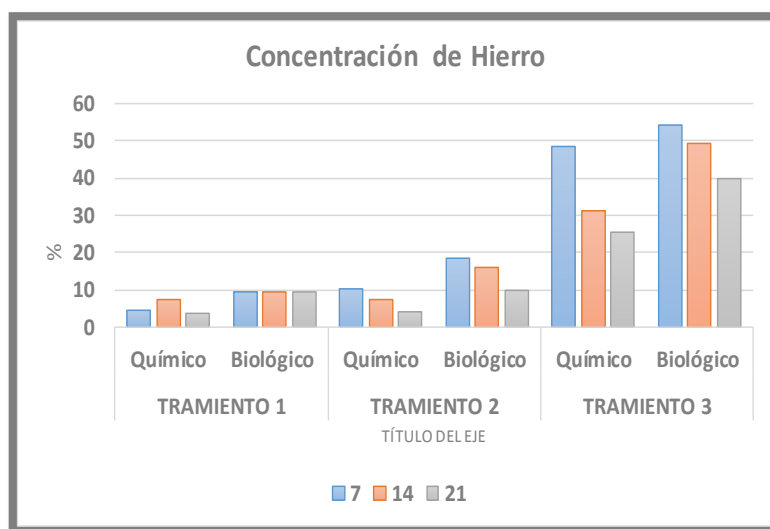
Tabla 3. 9. Concentración Fe en el efluente biológico

Fe									
Biológico									
CuFeS ₂ (g)	50			100			150		
Dosis (%)	2			5			10		
Tiempo (Días)	T1. 7	T2. 14	T3. 21	T1. 7	T2. 14	T3. 21	T1. 7	T2. 14	T3. 21
R1	9.3450	19.0900	10.4500	18.7400	16.0100	10.0900	54.0100	49.0300	40.2300
R2	9.3380	18.9900	10.2500	18.3700	15.9900	10.0900	54.2300	49.1900	39.8900
R3	9.3450	19.3400	10.3500	18.4100	16.1200	10.0900	54.4500	49.3500	40.1000
Promedio	9.3427	19.1400	10.3500	18.5067	16.0400	10.0900	54.2300	49.1900	40.0733

Fuente: Elaboración Propia, 2018

En la tabla 3.9, muestra la concentración de Fe en los efluentes obtenidos del proceso biológico en la recuperación de mineral. En el primer caso la menor concentración de hierro se obtuvo en el tratamiento de 7 días mientras, en los siguientes 2 casos la concentración del Fe es inversamente proporcional al tiempo empleado obteniéndose, la menor concentración en el tratamiento de 21 días.

Gráfico 3. 2. Concentración de Fe



Fuente: Elaboración Propia, 2018

En la gráfica 3.2 se presenta las concentraciones de Fe total en los efluentes obtenidos de los procesos de lixiviación química y biológica en la recuperación de Cu a partir de la CuFeS_2 . El experimento, muestra que el proceso químico en comparación del biológico presenta una menor concentración de Fe en sus efluentes, asimismo se aprecia que a mayor duración del proceso menor será la concentración de este elemento. Ya que, las bacterias *Thiobacillus ferrooxidans* son hierro reductoras, oxidando el Fe^{+2} a Fe^{+3} como parte de su metabolismo.

Análisis estadístico

Tabla 3. 10. Análisis de varianza de Fe

Fuente de variación	Grado de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medios	F Valor	Pr>F
Tratamientos	1	1393.30979	1393.30979	5.42	0.0242
Dosis	2	690.957439	345.47872	1.34	0.2706
Tratamiento*dosis	2	182.658462	91.329231	0.36	0.7029
Error	48	12342.67642	453.38514		
Corrected Total	53	14609.60211			

Fuente: Elaboración Propia, 2018

Según la tabla 3.10, de análisis de varianza se observa que existe significancia en los tratamientos ya que, el valor de P es menor a 0.05 lo cual, indica que los tratamientos aplicados en la lixiviación de la CuFeS_2 son diferentes. Sin embargo, las dosis no presentan significancia debido a que los tratamientos empleados en cada proceso se caracterización por tener la misma concentración de agente lixivante y duración.

Tabla 3. 11. Análisis de Tukey de Fe

Tukey Grouping	Media	N	Tratamiento
A	25.434	27	B
A	15.267	27	Q

Fuente: Elaboración Propia, 2018

En la tabla 3.11, de análisis de Tukey se observa, que los tratamientos aplicados en el proceso son diferentes. Siendo, el tratamiento químico el más

sostenible ambientalmente ya que, genera una menor concentración de Fe en sus efluentes.

Tabla 3. 12. Análisis del grado de libertad

F calculada	F crítica
5.42	4.04

Fuente: *Elaboración Propia, 2018.*

Según, los resultados obtenidos en el análisis de grado de libertad se acepta la hipótesis alterna en las hipótesis específicas 2 y 3.

Hipótesis específica 2

H₁: Los efluentes procedentes de los procesos de lixiviación se caracterizan presentar concentraciones principalmente de SO₄ y Fe procedentes de la oxidación del Fe y S presente en la CuFeS₂.

Hipótesis específica 3

H₁: Los efluentes generados por el proceso de lixiviación química presentan una menor concentración de contaminantes en comparación al método biológico

➤ Concentración As

En las tablas 3.13 y 3.14 se muestran las concentraciones de As en los efluentes obtenidos de los procesos químicos y biológicos en la recuperación de Cu.

Tabla 3. 13. Concentración As en el efluente químico

CuFeS ₂ (g)	As								
	Químico								
	50			100			150		
Dosis (%)	2			5			10		
Tiempo (Días)	T1. 7	T2. 14	T3. 21	T1. 7	T2. 14	T3. 21	T1. 7	T2. 14	T3. 21
R1	0.0041	0.0056	0.0020	0.0136	0.0010	0.0090	0.1184	0.1010	0.0190
R2	0.0039	0.0057	0.0010	0.0126	0.0011	0.0080	0.1084	0.1011	0.0189
R3	0.0040	0.0050	0.0010	0.0134	0.0116	0.0070	0.1104	0.1090	0.0192
Promedio	0.0040	0.0054	0.0013	0.0132	0.0046	0.0080	0.1124	0.1037	0.0190

Fuente: *Elaboración Propia, 2018*

En la tabla 3.13 se observa la concentración de As en los efluentes de los tratamientos aplicados en proceso químico en la recuperación de Cu. La concentración de As en los efluentes varía según el tratamiento aplicado y su duración. En 1er caso, la menor concentración de As se obtuvo en el tratamiento de 21 días mientras, en el segundo caso la menor concentración de As se obtuvo en el tratamiento de 14 días y finalmente, en el 3er caso la menor concentración de As se obtuvo en el tratamiento de 21 días.

Tabla 3. 14. Concentración As en el efluente biológico

As									
Biológico									
CuFeS ₂ (g)	50			100			150		
Dosis (%)	2			5			10		
Tiempo (Días)	T1. 7	T2. 14	T3. 21	T1. 7	T2. 14	T3. 21	T1. 7	T2. 14	T3. 21
R1	0.0026	0.0090	0.0100	0.1406	0.0117	0.0170	0.1920	0.1267	0.1093

Fuente: Elaboración Propia, 2018

Tabla 3. 15. Concentración As en el efluente biológico

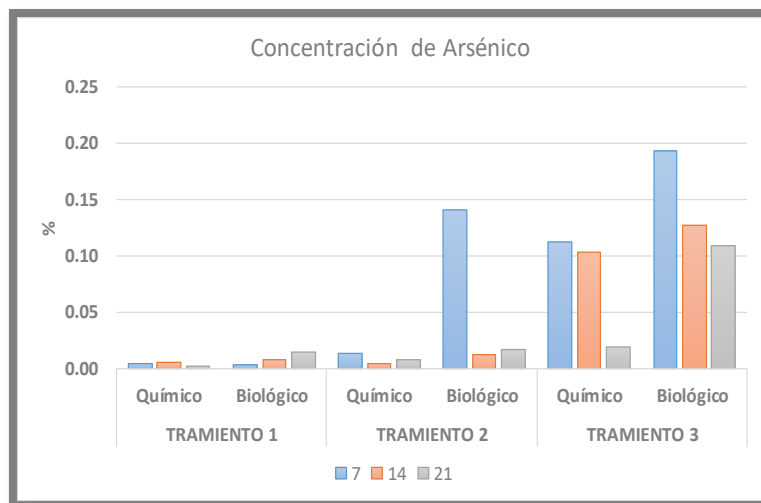
As									
Biológico									
CuFeS ₂ (g)	50			100			150		
Dosis (%)	2			5			10		
Tiempo (Días)	T1. 7	T2. 14	T3. 21	T1. 7	T2. 14	T3. 21	T1. 7	T2. 14	T3. 21
R1	0.0026	0.0090	0.0100	0.1406	0.0117	0.0170	0.1920	0.1267	0.1093
R2	0.0030	0.0110	0.0180	0.1409	0.0118	0.0170	0.1931	0.1271	0.1091
R3	0.0026	0.0012	0.0140	0.1410	0.0121	0.0170	0.1933	0.1287	0.1099
Promedio	0.0027	0.0071	0.0140	0.1408	0.0119	0.0170	0.1928	0.1275	0.1094

Fuente: Elaboración Propia, 2018

En la tabla 3.14 se observa la concentración de As en los efluentes de los tratamientos aplicados en proceso biológico en la recuperación de Cu. El As no presenta un comportamiento constante, en el 1er caso la concentración es directamente proporcional al tiempo mientras, en el 2do caso la menor concentración de As se obtuvo en el tratamiento de 14 días y en el 3er caso, la concentración es decreciente con respecto al tiempo. Cabe resaltar, que la bacteria *Thiobacillus ferrooxidans* tiene la capacidad de oxidar arsénico

generando As^{+3} y As^{+5} al ambiente siendo, el As^{+} especialmente toxico en el agua y suelo.

Gráfico 3. 3. Concentración de As



Fuente: Elaboración Propia, 2018

En la gráfica 3.3 se observa los niveles de concentración de As en los efluentes obtenidos de los procesos de lixiviación biológica y química en la recuperación de Cu a partir de la $CuFeS_2$. La comparación entre los procesos químico y biológico determina, que este último es quien más concentración de Arsénico genera en sus efluentes. Ya que, las bacterias al lixiviar el mineral solubilizan el As en formas de As (III) y As (V).

Análisis estadístico

Tabla 3. 16. Análisis de varianza de As

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr>F
Tratamiento	1	0.04237837	0.04237837	16.62	0.0002
Dosis	2	0.00900311	0.00450155	1.77	0.182
Tratamiento*dosis	2	0.0166828	0.0083414	3.27	0.0466
Error	48	0.12239309	0.00254986		
Corrected Total	53	0.19045737			

Fuente: Elaboración Propia, 2018

Según la tabla 3.15, de análisis de varianza la significancia obtenida es de 0.0002 lo cual, indica que existe diferencia entre los tratamientos aplicados en la lixiviación de la $CuFeS_2$. Sin embargo, las dosis no presentan significancia ya que, tratamientos empleados en cada proceso se

caracterizaron por tener la misma concentración del agente lixivante y duración.

Tabla 3. 17. Análisis de Tukey de As

Tukey Grouping	Mean	N	Trata
A	0.7039	28	B
B	0.01432	26	Q

Fuente: Elaboración Propia, 2018

En la tabla 3.16 de análisis de Tukey indica, que los tratamientos aplicados en la lixiviación de la $CuFeS_2$ son diferentes lo cual, se representa en la gráfica N° 3.3 Siendo, el tratamiento químico el más sostenible ambientalmente ya que, genera una menor concentración de As en sus efluentes.

Tabla 3. 18. Análisis del grado de libertad

F calculada	F crítica
16.62	4.04

Fuente: Elaboración Propia, 2018

Según, los resultados obtenidos en el análisis de grado de libertad se acepta la hipótesis alterna en las hipótesis específicas 2 y 3.

Hipótesis específica 2

H₁: Los efluentes procedentes de los procesos de lixiviación se caracterizan presentar concentraciones principalmente de SO_4 y Fe procedentes de la oxidación del Fe y S presente en la $CuFeS_2$.

Hipótesis específica 3

H₁: Los efluentes generados por el proceso de lixiviación química presentan una menor concentración de contaminantes en comparación al método biológico una menor concentración de contaminantes en comparación al método químico

➤ **Concentración Au**

En las tablas 3.18 y 3.19 se muestran las concentraciones de Au en los efluentes obtenidos de los procesos químicos y biológicos en la recuperación de Cu.

Tabla 3. 19 Concentración Au en el efluente químico

Au									
Químico									
CuFeS ₂ (g)	50			100			150		
Dosis (%)	2			5			10		
Tiempo (días)	T1. 7	T2. 14	T3. 21	T1. 7	T2. 14	T3. 21	T1. 7	T2. 14	T3. 21
R1	0.0002	0.0001	0.0010	0.0002	0.0001	0.0001	0.0002	0.0001	0.0001
R2	0.0002	0.0001	0.0020	0.0001	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000
R3	0.0001	0.0002	0.0010	0.0000	0.0001	0.0001	0.0000	0.0002	0.0002
Promedio	0.0002	0.0001	0.0013	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001

Fuente: Elaboración Propia, 2018

En la tabla 3.18 se observa la concentración de Au en los efluentes provenientes de los tratamientos aplicados en proceso químico en la recuperación de Cu a partir de la CuFeS₂. En los dos últimos casos el Au está presente en una concentración de 0.0001% sin embargo, en el 1er caso el tratamiento de 21 días obtuvo una concentración de 0.0013%.

Tabla 3. 20. Concentración Au en el efluente biológico

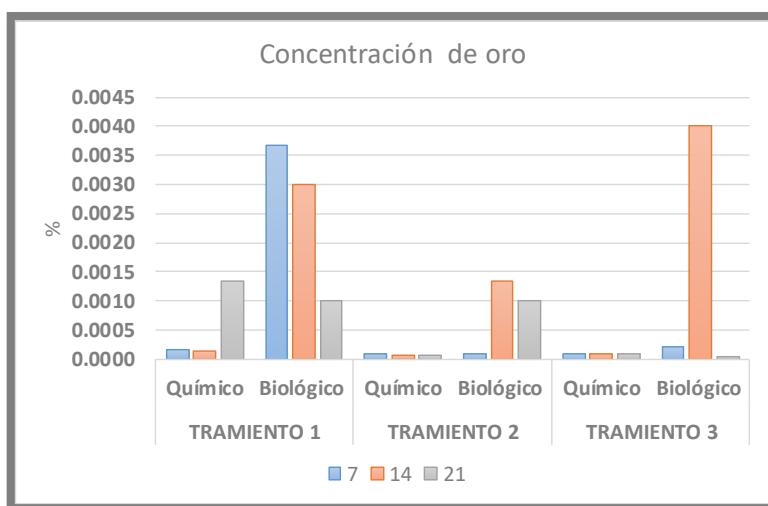
Au									
Biológico									
CuFeS ₂ (g)	50			100			150		
Dosis (%)	2			5			10		
Tiempo (días)	T1. 7	T2. 14	T3. 21	T1. 7	T2. 14	T3. 21	T1. 7	T2. 14	T3. 21
R1 (%)	0.0040	0.0001	0.0010	0.0001	0.0010	0.0010	0.0003	0.0040	0.0001
R2 (%)	0.0030	0.0002	0.0000	0.0002	0.0020	0.0010	0.0001	0.0040	0.0000
R3 (%)	0.0040	0.0001	0.0020	0.0000	0.0010	0.0010	0.0002	0.0040	0.0000
Promedio (%)	0.0037	0.0001	0.0010	0.0001	0.0013	0.0010	0.0002	0.0040	0.0000

Fuente: Elaboración Propia, 2018

En la tabla 3.19 se observa la concentración de Au en los efluentes provenientes de los tratamientos aplicados en proceso biológico en la recuperación de Cu a partir de la CuFeS₂. En los 3 casos se observa que la menor concentración de Au se obtiene en el tratamiento de 21 días ya que, la bacteria empleada en se encuentra totalmente adaptada al medio por lo cual,

pueden acelerar la reacción redox y a su vez mejorar lixiviación del mineral por ende generar menor concentración de Au.

Gráfico 3. 4. Concentración de Au



Fuente: Elaboración Propia, 2018

En la gráfica 4.4, se observa los niveles de concentración de Au en los efluentes obtenidos de los procesos de lixiviación química y biológica de la CuFeS_2 . El proceso químico genera efluentes con menores concentraciones de Au en los 3 casos analizados mientras, el tratamiento biológico la menor concentración de Au se obtuvo en el tratamiento de 21 días en cada de uno de los casos siendo, la menor concentración obtenida la del 0%.

Análisis estadístico (SAS)

Tabla 3. 21. Análisis de varianza Au.

Fuente de variación	Grado de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medios	F Valor	Pr>F
Tratamiento	1	0.00002229	0.00002229	19.91	<0.0001
Dosis	2	0.00000626	0.00000313	2.8	0.0711
Tratamiento*dosis	2	0.00001094	0.00000547	4.88	0.0117
Error	48	0.00005374	0.00000112		
Corrected Total	53	0.00009322			

Fuente: Elaboración Propia, 2018

Según la tabla 3.20, de análisis de varianza se observa que existe una alta significancia en los tratamientos ya que, el valor de P es <0.0001 a 0.05 lo cual, significa que los tratamientos aplicados son diferentes. Sin embargo, las

dosis no presentan significancia debido a que los tratamientos empleados en cada proceso se caracterización por tener la misma concentración de agente lixiviante y duración.

Tabla 3. 22. Análisis de Tukey Au

Tukey Grouping	Media	N	Tratamiento
A	0.0015357	28	B
A	0.00025	26	Q

Fuente: *Elaboración Propia, 2018*

En la tabla 3.21, de análisis de Tukey indica, que los tratamientos aplicados en la lixiviación de la $CuFeS_2$ no presentan diferencia entre ellos. Ya que, los resultados obtenidos en cada uno de ellos no presentan mucha diferencia. Sin embargo, se debe indicar que la en el tratamiento biológico de 150g de mineral a 21 de lixiviación no presenta concentración de Au en sus efluentes.

Tabla 3. 23. Análisis del grado de libertad

F calculada	F crítica
19.91	4.04

Fuente: *Elaboración Propia, 2018*

Según, los resultados obtenidos en el análisis de grado de libertad se acepta la hipótesis alterna en las hipótesis específicas 2 y 3.

Hipótesis específica 2

H₁: Los efluentes procedentes de los procesos de lixiviación se caracterizan presentar concentraciones principalmente de SO_4 y Fe procedentes de la oxidación del Fe y S presente en la $CuFeS_2$.

Hipótesis específica 3

H₁: Los efluentes generados por el proceso de lixiviación química presentan una menor concentración de contaminantes en comparación al método biológico

3.4. Eficiencia del proceso

➤ Concentración de Cu

En las tablas 3.23 y 3.24 se muestran las concentraciones de Cu en los efluentes obtenidos de los procesos químicos y biológicos en la recuperación de Cu.

Tabla 3. 24. Concentración Cu en el efluente químico

Cu									
Químico									
CuFeS ₂ (g)	50			100			150		
Dosis (%)	2			5			10		
Tiempo (días)	T1. 7	T2. 14	T3. 21	T1. 7	T2. 14	T3. 21	T1. 7	T2. 14	T3. 21
R1	11.3400	8.3450	0.1320	19.3100	10.3400	0.2650	24.1200	18.3400	0.3050
R2	11.2800	8.3370	0.1330	19.3300	10.3100	0.2550	24.2400	18.2900	0.3010
R3	11.3100	8.3270	0.1310	19.3200	10.4500	0.2580	24.3700	18.3400	0.3100
Promedio	11.3100	8.3363	0.1320	19.3200	10.3667	0.2593	24.2433	18.3233	0.3053

Fuente: Elaboración Propia, 2018

En la tabla 3.23 indica la concentración de Cu en los efluentes provenientes de los tratamientos aplicados en proceso químico en la recuperación de Cu a partir de la CuFeS₂. El porcentaje de cobre presente en el efluente de lixiviación química ser inversamente proporcional al tiempo. Debido, a que la lixiviación del Cu este sujeto a la concentración del H₂SO₄. La mayor recuperación de Cu obtenida fue de 99.99%.

Tabla 3. 25. Concentración Cu en el efluente biológico

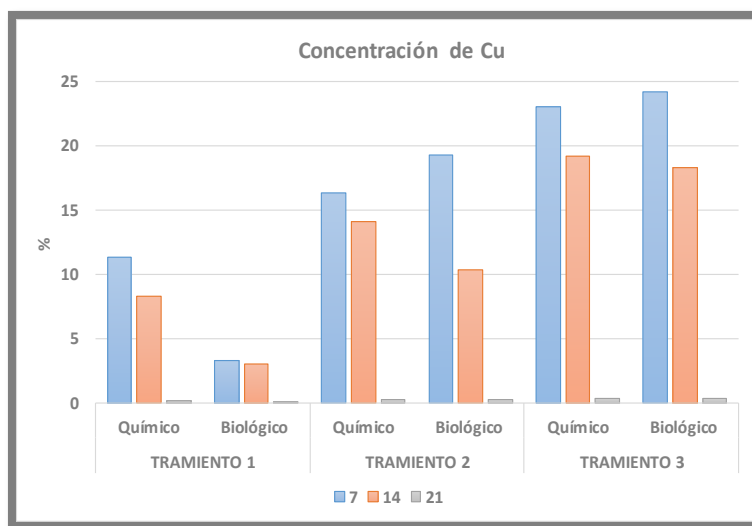
Cu									
Biológico									
CuFeS ₂ (g)	50			100			150		
Dosis (%)	2			5			10		
Tiempo (días)	T1. 7	T2. 14	T3. 21	T1. 7	T2. 14	T3. 21	T1. 7	T2. 14	T3. 21
R1	3.2700	2.9890	0.1100	16.3710	14.0900	0.2150	23.0300	19.0300	0.3450
R2	3.2690	2.9810	0.1110	16.2570	14.1100	0.2150	23.0500	19.2300	0.3390
R3	3.2700	2.9910	0.1140	16.2990	14.1600	0.2150	23.1300	19.4500	0.3400
Promedio	3.2697	2.9870	0.1117	16.3090	14.1200	0.2150	23.0700	19.2367	0.3413

Fuente: Elaboración Propia, 2018

En la tabla 3.24, señala la concentración de Cu en los efluentes provenientes de los tratamientos aplicados en proceso biológico en la recuperación de Cu

a partir de la CuFeS_2 . Se observa, que la concentración de Cu en los efluentes está influenciada por el tiempo del tratamiento debido a que la bacteria necesita un tiempo de adaptación para poder emplear su metabolismo en la lixiviación de la CuFeS_2 . Por ello, la menor concentración de Cu se obtuvo en el tratamiento de 21 días en cada caso analizado. Cabe resaltar, que el mayor porcentaje de Cu recuperado fue de 99.99%.

Gráfico 3. 5. Concentración de Cu



Fuente: Elaboración Propia, 2018

En la gráfica 5, se indica la concentración de Cu presente en los efluentes. Se observan que ambos procesos de lixiviación obtienen menor concentración de Cu a mayor tiempo de exposición de la muestra de mineral con el agente lixivante. Sin embargo, es el proceso biológico el cual presenta una menor concentración de Cu en sus tratamientos de 21 días de duración. Ya que, a diferencia del H_2SO_4 que reacciona de una forma casi inmediata con la CuFeS_2 las bacterias requieren un tiempo de adaptación al medio para poder emplear el S y Fe en su metabolismo y generar la lixiviación del mineral.

Tabla 3. 26 Análisis de varianza de Cu.

Fuente de variación	Grado de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medios	F Valor	Pr>F
Tratamiento	1	20.814679	20.814679	0.58	0.449
Dosis	2	1796.877361	898.438681	25.15	<0.001
Tratamiento*dosis	2	14.253256	7.126628	0.2	0.8198
Error	48	1714.835203	35.725733		
Corrected Total	53	3546.780499			

Fuente: *Elaboración Propia, 2018.*

Según la tabla 3.25, de análisis de varianza se observa que no existe significancia en los tratamientos ya que, el valor de P es mayor a 0.05 lo cual, significa que los tratamientos aplicados no son diferentes. Sin embargo, las dosis presentan significancia debido a que los tratamientos empleados en cada proceso se caracterización por tener la misma concentración de agente lixivante y duración.

Tabla 3. 27 *Análisis de Tukey de Cu*

Tukey Grouping	Mean	N	Trata
A	8.851	27	B
A	7.609	27	Q

Fuente: *Elaboración Propia, 2018*

Tabla 3. 28 *Análisis de Tukey de Cu*

Tukey Grouping	Mean	N	Dosis
A	13.603	18	2
A	10.861	18	5
B	0.227	18	10

Fuente: *Elaboración Propia, 2018*

Según la tabla 3.26 de análisis de Tukey se determina que los tratamientos no presentan diferencia, sin embargo, al realizar el cuadro comparativo de graficas 3.5 entre proceso se observa que el tratamiento químico tiene una mayor reacción en un menor tiempo a diferencia del tratamiento biológico que requiere un mayor tiempo para su respectivo metabolismo.

Tabla 3. 29. *Análisis del grado de libertad*

F calculada	F crítica
0.58	4.04

Fuente: *Elaboración Propia, 2018*

Según, los resultados obtenidos en el análisis de grado de libertad se rechaza la hipótesis alterna en las hipótesis específicas 3 y 4

Hipótesis específica 3

H₀: Los efluentes generados por el proceso de lixiviación biológica presentan una menor concentración de contaminantes en comparación al método químico

Hipótesis específica 4

H₁: La lixiviación biológica de la calcopirita es más eficiente que la lixiviación química en la recuperación del Cu

IV. DISCUSIÓN

Según los resultados obtenidos, con respecto a la hipótesis general se logró determinar que la lixiviación química presenta una menor concentración de SO_4 , Fe, As, Au y Cu en sus efluentes en comparación al proceso de lixiviación biológica. Por ende, se acepta la hipótesis alterna. Siendo, el As el que presenta mayor riesgo de impacto ambiental al entrar en contacto con un cuerpo receptor. Según estudios realizados por Montoya *et al* (2014) quienes estudiaron el impacto del As en el medio ambiente y su transformación por microorganismos. El As en su forma insoluble no representa toxicidad para el medio ambiente. Sin embargo, al entrar en contacto con bacterias capaces de metabolizar el As a su forma soluble como As(III) o As (V) o viceversa siendo estos últimos altamente tóxicos ambiente. Se debe resaltar, que la cepa empleada en el proceso de lixiviación biológica es procedente del DAM por lo cual, al inicio la bacteria tiene la capacidad de sintetizar el As.

Con respecto, a la 1^{er} hipótesis específica se logró determinar que los efluentes procedentes del proceso de lixiviación se caracterizan por presentar altos contenidos de Fe^{+3} y SO_4 . Ya que, la calcopirita empleada en el proceso de lixiviación se caracterizó por presentar carbonatos, óxidos y muestras sulfurosos. Así mismo, el análisis de cabeza determinó que el S y Fe están presentes en un 4.5% y 3.456% respectivamente siendo los elementos con mayor porcentaje. Además, contiene concentraciones mínimas de Cu (0.1902%), Mn (0.0007%), As (0.0056%) y Au (0.003). Los cuales, al entrar en entrar en contacto el H_2SO_4 o las bacterias se van liberar a través de la lixiviación. En el caso, del S y Fe se van a oxidar generando Fe^{+3} y SO_4 . Cayo (2016) determinó que empleando la *Acidithibacillus ferrooxidans* en la lixiviación microbiana se solubiliza hasta 1643.50 ppm de Fe ya que, la bacteria tiene la capacidad de solubilizar el hierro, azufre y arsénico. Así mismo, Panduro y Pena (2015) determinaron, el incremento en la concentración del ion férrico (Fe^{+3}) se produce a partir de las 2 horas de iniciado el proceso debido a la oxidación generada por la *At. ferrooxidans* llegando alcanzar concentraciones de 41g/l en una duración de 10 días.

Con respecto, a la 2da hipótesis específica se determinó que la bacteria empleada en el proceso de lixiviación biológica es la *Thiobacillus ferrooxidans*. La cual, se caracteriza por ser sulfuro y hierro reductoras por lo cual, se acepta la hipótesis alterna. La bacteria emplea al Fe y S elemental en su metabolismo por ello mismo, se preparó un medio 9K $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{SO}_4$ con la finalidad que la bacteria puede sintetizar estos elementos y proliferar antes de ingresar a la lixiviación biológica. Además, a través de la prueba de tinción se determinó que la bacteria es un gram negativo. Resultados similares, se obtuvieron en la investigación de Dennys (2016), quién aisló la bacteria empleando un medio de cultivo 9k (FeSO_4), a 25°C y 1.8 pH siendo el Fe y S las principales fuentes de energía. De igual manera, Perez (2016) en su estudio sobre el aislamiento de bacterias del género *Acidithiobacillus* y *Leptospirillum* determino que cepas aisladas generan la oxidación de los sulfuros e ion ferrosos incrementando la concentración de ion férrico.

Con respecto a la hipótesis 3 se observó, que los efluentes generados por el proceso de lixiviación biológica presentaron una mayor concentración de Fe, SO_4 , As y Cu en comparación a los efluentes obtenidos en el proceso químico. Los cuales, se caracterizaron por presentar concentraciones de hasta 48.4067% de Fe, 56.3533% de SO_4 , 0.1124% de As. En el caso de Cu y Au, se observa que las concentraciones obtenidas no presentan mucha diferencia entre cada proceso. Cabe resaltar, que a diferencia del H_2SO_4 el cual, tiene una reacción inmediata con el mineral a lixiviar la bacteria tiene un periodo de adaptación al medio. Por ello, la concentración de cobre en los efluentes disminuye considerablemente en el tratamiento de 21 días. Guevara et al., en su estudio de efluentes en la unidad minera Quiruvilca, determinó que el Fe está presente en sus efluentes es de 540.52 ppm así mismo, Pinillos (2014) e su estudio sobre remoción de metales determinó que los efluentes de la mina Marcapunta Oeste se caracterizaron por presentar As (1.852 mg/L); Cu (13.52mg/L) Fe (59.25mg/L). Cabe señalar, que ninguno de las concentraciones obtenidas en el presente estudio se encuentran por debajo de lo indicado en el D.S.010-2010 MINAM.

Con respecto a la hipótesis 4, se observó que ambos procesos de lixiviación alcanzaron una recuperación de Cu por encima del 90%. No obstante, el proceso de lixiviación biológica generó una mayor recuperación de Cu logrando una recuperación hasta del 99.88%. Cabe resaltar, que la eficiencia del proceso está sujeto al tiempo de lixiviación y las características del mineral. Sin embargo, en el estudio realizado por Arias *et. al.* (2015) el proceso de lixiviación a partir de minerales sulfurados con presencia de pirita y calcopirita obtuvo una recuperación hasta de 89.88% en 20 días empleando las bacterias de forma secuencias en cada etapa mientras, Ramírez (2015) de su estudio sobre la biolixiviación como un proceso preliminar a la cianuración logró recuperar hasta el 72.64% de cobre. La diferencia de resultados puede deberse a las características propias del mineral empleado, así como de los tratamientos empleados en cada uno.

V. CONCLUSIONES

De los análisis efectuados a los efluentes procedentes del proceso de lixiviación química y biológica de la CuFeS_2 en la recuperación de Cu, que es el proceso biólogo el cual, presentan una mayor concentración de SO_4 , Fe, As, Au y Cu en sus efluentes siendo, el As el parámetro más inestable debido a oxidación al estar en contacto con la bacteria generando As(III) y As(V) los cuales son tóxicos para el medio ambiente, el color del efluente fue amarillo por la oxidación de Fe.

La calcopirita empleada en el proceso de lixiviación tuvo concentraciones de 4.5% Fe y 3.456% SO_4 , con concentraciones mínimas de Cu (0.1902%), Mn (0.0007%), As (0.0056%), S (0.006) y Au (0.003), estos fueron liberados por medio del H_2SO_4 o las bacterias acidófilas por las reacciones redox propias del proceso de lixiviación.

La bacteria *Thiobacillus ferrooxidans* oxidaron el S y Fe^{+2} presente en la CuFeS_2 a SO_4 y Fe^{+3} respectivamente, generando una mayor concentración de Fe y SO_4 en sus efluentes.

Los efluentes del proceso químico presentan concentraciones de minerales de 0.13% a 23.07% de Cu, 3.54% a 48.40% de Fe, 3.23% a 56.35 de SO_4 y 0.0013% a 0.11% As mientras, el proceso biológico presenta concentraciones de 0.11% a 24.24% de Cu, 9.34% a 54.23% de Fe, 11.56% a 58.40% de SO_4 y de 0.0027% a 0.1928% de As.

El proceso de la lixiviación biológica es más eficiente en la recuperación de cobre que el proceso químico, a través de la lixiviación mineral.

VI. RECOMENDACIONES

- Se debe realizar el tratamiento de efluentes con la finalidad de cumplir con lo establecido en el D.S. 010-2010 MINAM
- Mejorar el control adecuado del crecimiento de las bacterias durante el desarrollo del proyecto.
- Realizar diferentes trabajos de investigación con bacterias nativas de los DAM para la lixiviación biológica.
- Realizar un control en la concentración del arsénico durante el proceso de lixiviación.

REFERENCIAS

- ALVAREZ, Joel. Evaluación de la biooxidación de concentrado arsenopiritico aurífero por pretratamiento con bacterias quimiolitotrofas acidofilas que mejoren la recuperación del oro por cianuración en la empresa minera Eminsol S. A Bolivia – 2015. Tesis (Título Profesional en Ingeniería). Tacna: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann-Tacna, Facultad de Ingeniería, 2017. Disponible:
<http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/2487>
- ARIAS, Vladimir. Biolixiviación de cobre a partir de minerales sulfurados con altos tenores de pirita y calcopirita. Revista del Instituto de Investigación (RIIGEO) [En línea]. 22 de diciembre de 2015. V.18, no36. [Fecha de consulta: 15 de abril]. Disponible en:
revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/download/12164/10868
- BRAVO, Daniela. Biolixiviación de calcopirita por *sulfobacillus acidophilus*. Tesis (Título Profesional en Ingeniería). Santiago: Universidad de Chile, Facultad de ciencias físicas y matemáticas, 2016. Disponible en:
<http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/138434>
- BRIERLEY. How will biomining be applied in future? Science Press [En línea]. 5 de noviembre de 2008. [Fecha de consulta: 15 de abril de 2018]. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1003632609600029>
- BIOLIXIVIACIÓN de minerales sulfurosos por Jorge Hernando Agudelo [et al]. Revista de la Facultad de Ingeniería [en línea]. 24 de enero 200, n° 27. [Fecha de consulta: 20 de mayo]. Disponible en:
<http://aprendeenlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/ingenieria/article/view/326414>
- CAYO, Luciano. Condiciones óptimas de lixiviación microbiana empleando *Acidithiobacillus ferrooxidans* como pretratamiento para la cianuración de mineral sulfurado aurífero. Tesis (Título Profesional en Ingeniería Química). Perú: Universidad Nacional del Callao, Facultad de Ingeniería Química, 2016. Disponible en:
http://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNAC_0635c3de3cdf7434df8d73b50e666182

- DENNIS, Manuel. Biolixiviación de cobre por bacterias ferrooxidantes a partir de la calcopirita en un sistema de columnas de lixiviación por gravedad. Tesis (Título profesional de Biología). Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín, Facultad de Ciencias Biológicas, 2016. Disponible en:
<http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/1826>
- FRANCE, Nancy. Models of bacterial leaching. Sciences du Génie Chimique [En línea]. 1995. [Fecha de consulta: 26 de abril de 2018]. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0141022994000328>
- HYUN, Kim. Comparative study of simultaneous removal of As, Cu, and Pb using different combinations of electrokinetics with bioleaching by *Acidithiobacillus ferrooxidans*. Elsevier [En línea]. 2012. [Fecha de consulta: 24 de mayo de 2018]. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135412005386>
- Iglesias, N; Carranza, F y Palencia, I. La biolixiviación como pretratamiento de menas auríferas refractarias en matriz de sulfuros. Revista de metalurgia [En línea]. 30 de junio 1997. V.34, no1. [Fecha de consulta: 25 de mayo]. Disponible en:
<http://revistademetalurgia.revistas.csic.es/index.php/revistademetalurgia/article/view/656>
- JAQUE, Adriana. Estudio de la biolixiviación de pirita por cultivo de *Sulfobacillus acidophilus* A 45°C. Tesis (Título Profesional de Ingeniero Civil Químico) Santiago: Universidad de Chile, Facultad de ciencias físicas y matemáticas, 2012. Disponible en:
<http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/104398>
- JARRO, Said. Pre-tratamiento para oxidar un mineral refractario de oro mediante bacterias *Thiobacillus Ferrooxidans*. Tesis (Título Profesional en Ingeniería) Tacna: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann-Tacna, Facultad de Ingeniería, 2014. Disponible en:
<http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/2443>
- LOPEZ, José. Aplicabilidad de la biolixiviación como un método sustitutivo de la amalgamación con mercurio para la recuperación del oro en la minería artesanal

del sur de Perú. España: Universidad Politécnica de Catalunya, 2014. Disponible en:

https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/24014/JOSE%20VICTOR%20LOPEZ%20GUERRERO%20PFG_Memoria_2013-14.pdf

- MENADIER, Maurice. Biolixiviación de piritas por *Acidithiobacillus ferrooxidans* y cepas nativas. Tesis (Título Profesional en Ingeniería Civil química). Santiago: Universidad de Chile, Facultad de ciencias físicas y matemáticas, 2009. Disponible en:
http://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2009/menadier_m/sources/menadier_m.pdf
- OSORIO, Eduardo y VELITA, Lesly. "Biolixiviación comparativa de minerales sulfurados compuestos conteniendo enargita, covelita y chalcocita empleando microorganismos mesofilicos y termofilicos en Yanacocha. Tesis (Título Profesional en Ingeniería Metalurgica y de materiales). Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2012. Disponible en:
<http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/542>
- Ospina, Juan David. Biooxidación de concentrados de arsenopirita por *Acidithiobacillus ferrooxidans* en Erlenmeyer agitados. Revista Colombiana de Biotecnología [En línea]. 01 de julio 2012. V.14, no1. [Fecha de consulta: 15 de abril]. Disponible en:
<https://revistas.unal.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/31851/38356>
ISSN: 0123-3475
- PANDURO, Isabel y PEÑA, Milenka. Aislamiento de cepas de *Acidithiobacillus ferrooxidans* para la recuperación de metales de minerales sulfurados. Tesis (Título Profesional en Ingeniería Química) Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú., Facultad de Ingeniería Química, 2015. Disponible en:
<http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/3745>
- Rodríguez, Y., Ballester, A., Blásquez, M.L., González, F. y Muñoz, J.A. (2001). New information on the pyrite bioleaching mechanism at low and high temperatura. Revista Sciencedirect [En línea]. 08 de octubre del 2003. V.71, no1. [Fecha de consulta: 15 de mayo]. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304386X03001725>

- Tributsch, H. (2001). Direct versus indirect bioleaching. Hydrometallurgy. Revista de Sciencedirect [En línea]. 26 de diciembre 2000. V.59, no1. [Fecha de consulta: 15 de mayo]. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304386X0000181X>

ANEXOS

ANEXO I: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: Quintana Paetan, Alexander
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Cadena de custodia microbiológica y mineralógica
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Conislla Terán, Fabiola

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										/			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										/			
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										/			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										/			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										/			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										/			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										/			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										/			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										/			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										/			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN : 85 %

Lima, 10 de noviembre del 2018

[Firma]
FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 04191144 Telf: 929714337



V. DATOS GENERALES

- 5.1. Apellidos y Nombres: Quintana Paetan, Alexander
 5.2. Cargo e institución donde labora: Docente
 5.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Verificación del proceso químico
 5.4. Autor(A) de Instrumento: Conislla Terán, Fabiola

VI. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										✓			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										✓			
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										✓			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										✓			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										✓			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										✓			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										✓			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										✓			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicades para lograr probar las hipótesis.										✓			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										✓			

VII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

✓

VIII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85 %

Lima, 10 noviembre del 2018

Alexander Quintana Paetan
 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE



IX. DATOS GENERALES

9.1. Apellidos y Nombres: Quintana Paetan, Alexander

9.2. Cargo e institución donde labora: Docente

9.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Verificación del proceso biológico

9.4. Autor(A) de Instrumento: Conislla Terán, Fabiola

X. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										✓			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										✓			
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										✓			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										✓			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										✓			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										✓			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										✓			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										✓			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										✓			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										✓			

XI. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

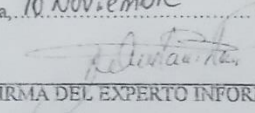
- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

XII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85 %

Lima, 10 Noviembre del 2018


 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 07491141 Telf.: 972714337



INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTOS DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres del validador Quintana Paetan, Alexander
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente
 1.3. Especialidad del validador: Química
 1.4. Nombre del instrumento: Cadena de custodia microbiológica y mineralógica.
 1.5. Título de la Investigación: Comparación de los efluentes de lixiviación de los procesos biológico y químico de la calcopirita en la recuperación de cobre en laboratorio 2018.
 1.6. Autor del instrumento: Conislla Terán, Fabiola.

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											✓		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											✓		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											✓		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											✓		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											✓		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											✓		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											✓		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											✓		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											✓		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											✓		
PROMEDIO DE VALIDACIÓN														

PERTINENCIA DE LOS ITEMS O RECATIVOS DEL INSTRUMENTO

INSTRUMENTO	SUFICIENTE	MEDIANAMENTE SUFICIENTE	INSUFICIENTE
	✓		

III. PROMEDIO DE VALORACIÓN... 85% IV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento puede ser aplicada tal como está elaborado
 El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado

Lugar y Fecha: 10/NOV

Firma del experto informante

DNI. N°

07491114

Teléfono

970914337

INFORME DE OPINION DE EXPERTOS DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

IV. DATOS GENERALES

- 1.7. Apellidos y Nombres del validador: Quintana Paetan, Alexander
 1.8. Cargo e institución donde labora: Docente
 1.9. Especialidad del validador: Química
 1.10. Nombre del instrumento: Verificación del proceso químico
 1.11. Título de la Investigación: Comparación de los efluentes de lixiviación de los procesos biológico y químico de la calcopirita en la recuperación de cobre en laboratorio 2013.
 1.12. Autor del instrumento: Coniella Terán, Fabiola.

V. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

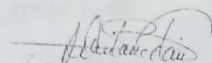
CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											✓		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											✓		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											✓		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											✓		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											✓		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											✓		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											✓		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											✓		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											✓		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											✓		
PROMEDIO DE VALIDACIÓN												✓		

PERTINENCIA DE LOS ITEMS O RECATIVOS DEL INSTRUMENTO

INSTRUMENTO	SUFICIENTE	MEDIANAMENTE SUFICIENTE	INSUFICIENTE
	✓		

- VI. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 85% IV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD
 El instrumento puede ser aplicada tal como está elaborado
 El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado

Lugar y Fecha: 10/NOV.


 Firma del experto informante

DNI. N° 01491144

Teléfono 970914329

INFORME DE OPINION DE EXPERTOS DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

VII. DATOS GENERALES

- 1.13. Apellidos y Nombres del validador Quintana Pactan, Alexander
 1.14. Cargo e institución donde labora: Docente
 1.15. Especialidad del validador: ... *Química*
 1.16. Nombre del instrumento: Verificación del proceso biológico
 1.17. Título de la Investigación: Comparación de los efluentes de lixiviación de los procesos biológico y químico de la calcopirita en la recuperación de cobre en laboratorio 2018.
 1.18. Autor del instrumento: Conislla Terán, Fabiola.

VIII. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.													
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												✓	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												✓	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												✓	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												✓	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												✓	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												✓	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												✓	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												✓	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												✓	
PROMEDIO DE VALIDACIÓN													✓	

PERTINENCIA DE LOS ITEMS O RECATIVOS DEL INSTRUMENTO

INSTRUMENTO	SUFICIENTE	MEDIANAMENTE SUFICIENTE	INSUFICIENTE
	✓		

- IX. PROMEDIO DE VALORACIÓN: *85/100* IV. OPINION DE APLICABILIDAD
 El instrumento puede ser aplicada tal como está elaborado
 El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado

Lugar y Fecha: *10 / NOV.*

Fabiola Terán
 Firma del experto informante

DNI. Nº *07991144*

Teléfono *970914334*



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: ABEL FLORENDO JARA GOMEZ
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Cadena de custodia microbiológica y mineralógica
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Conislla Terán, Fabiola

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										✓			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										✓			
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										✓			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										✓			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										✓			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										✓			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										✓			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										✓			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										✓			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										✓			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

✓

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

85 %

Lima, 10 Noviembre del 2013

(Firma)
 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 CIP: 40000

DNI No. 19912335 Teif: 94566235



V. DATOS GENERALES

- 5.1. Apellidos y Nombres: *ABET FLORENO INGA GOMEZ*
 5.2. Cargo e institución donde labora: Docente
 5.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Verificación del proceso químico
 5.4. Autor(A) de Instrumento: Conislla Terán, Fabiola

VI. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										✓			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										✓			
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										✓			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										✓			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										✓			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										✓			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										✓			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										✓			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										✓			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										✓			

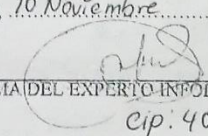
VII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

✓

VIII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85	%
----	---

Lima, *10. Noviembre* del 2018

 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

cip: 40000

INFORME DE OPINION DE EXPERTOS DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres del validador Dr. ABEL-FILOMENO JINBA GONZALEZ
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente
- 1.3. Especialidad del validador: Ing. Químico
- 1.4. Nombre del instrumento: Cadena de custodia microbiológica y mineralógica.
- 1.5. Título de la Investigación: Comparación de los efluentes de lixiviación de los procesos biológico y químico de la calcopirita en la recuperación de cobre en laboratorio 2018.
- 1.6. Autor del instrumento: Conislla Terán, Fabiola.

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE						
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100			
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.													✓			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.														✓		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.														✓		
4. ORGANIZACION	Existe una organización lógica.														✓		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales														✓		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.														✓		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.														✓		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.														✓		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.														✓		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.														✓		
PROMEDIO DE VALIDACIÓN															✓		

PERTINENCIA DE LOS ITEMS O RECATIVOS DEL INSTRUMENTO

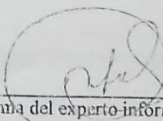
INSTRUMENTO	SUFICIENTE	MEDIANAMENTE SUFICIENTE	INSUFICIENTE
	✓		

III. PROMEDIO DE VALORACIÓN... IV. OPINION DE APLICABILIDAD

- El instrumento puede ser aplicada tal como está elaborado
- El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado

Lugar y Fecha: 10/NOV

DNI. N° 19912839

 Cip: 40000
Firma del experto-informante

Teléfono 945662855

INFORME DE OPINION DE EXPERTOS DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

IV. DATOS GENERALES

- 1.7. Apellidos y Nombres del validador: ABEL FILOHENO JANGA GONZ
 1.8. Cargo e institución donde labora: Docente
 1.9. Especialidad del validador: Ing. Químico
 1.10. Nombre del instrumento: Verificación del proceso químico
 1.11. Título de la Investigación: Comparación de los efluentes de lixiviación de los procesos biológico y químico de la calcopirita en la recuperación de cobre en laboratorio 2018.
 1.12. Autor del instrumento: Conislla Terán, Fabiola

V. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										✓			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										✓			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										✓			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										✓			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										✓			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										✓			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										✓			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										✓			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar los hipótesis.										✓			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										✓			
PROMEDIO DE VALIDACIÓN											✓			

PERTINENCIA DE LOS ITEMS O REATIVOS DEL INSTRUMENTO

INSTRUMENTO	SUFICIENTE	MEDIANAMENTE SUFICIENTE	INSUFICIENTE
	✓		

VI. PROMEDIO DE VALORACIÓN..... IV. OPINION DE APLICABILIDAD

- () El instrumento puede ser aplicada tal como está elaborado
 () El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado

Lugar y Fecha:

DNI N° 17912839

Firma del experto informante

Teléfono 945662855

(Firma) Cp: 40000

INFORME DE OPINION DE EXPERTOS DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

VII. DATOS GENERALES

- 1.13. Apellidos y Nombres del validador: ABEL FLORENO JN GA BOHEL
 1.14. Cargo e institución donde labora: Docente
 1.15. Especialidad del validador:
- 1.16. Nombre del instrumento: Verificación del proceso biológico
 1.17. Título de la investigación: Comparación de los efluentes de lixiviación de los procesos biológico y químico de la calcopirita en la recuperación de cobre en laboratorio 2018.
 1.18. Autor del instrumento: Conislla Terán, Fabiola.

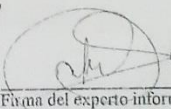
VIII. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										✓			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										✓			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										✓			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										✓			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										✓			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										✓			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos idóneos y/o científicos.										✓			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										✓			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										✓			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										✓			
PROMEDIO DE VALIDACIÓN											85			

PERTINENCIA DE LOS ÍTEM O RECATIVOS DEL INSTRUMENTO

INSTRUMENTO	SUFICIENTE	MEDIANAMENTE SUFICIENTE	INSUFICIENTE
	✓		

- IX. PROMEDIO DE VALORACIÓN... 85% IV. OPINION DE APLICABILIDAD
 El instrumento puede ser aplicada tal como está elaborado
 El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado

 CIP: 40000
 Firma del experto informante

Lugar y Fecha: 10/NOV

DNI N° 19912839

Teléfono 945662855



IX. DATOS GENERALES

9.1. Apellidos y Nombres: ABEL FLORENO INGA GOMEZ

9.2. Cargo e institución donde labora: Docente

9.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Verificación del proceso biológico

9.4. Autor(A) de Instrumento: Conislla Terán, Fabiola

X. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										✓			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										✓			
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										✓			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										✓			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										✓			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										✓			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										✓			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										✓			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										✓			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										✓			

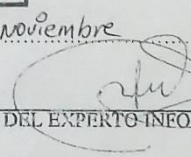
XI. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

✓

XII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85 %

Lima, 10 noviembre del 2018

 CIP: 40000
 FIRMA DEL EXPERTO-INFORMANTE
DNI No. 19912839 Telf: 945662855

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: *Cabrera Carranza, Carlos Francisco*
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Cadena de custodia microbiológica y mineralógica
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Conislla Terán, Fabiola

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										✓			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										✓			
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										✓			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										✓			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										✓			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										✓			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										✓			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										✓			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										✓			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										✓			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

✓

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

85 %

Lima, *08 de Noviembre* del 2018

[Firma] CIP 046572
FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. *0420204* Telf. *995509199*



V. DATOS GENERALES

- 5.1. Apellidos y Nombres: *Cabrera Carranza, Carlos Francisco*
 5.2. Cargo e institución donde labora: Docente
 5.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Verificación del proceso químico
 5.4. Autor(A) de Instrumento: Conislla Terán, Fabiola

VI. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										✓			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										✓			
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										✓			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										✓			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										✓			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										✓			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										✓			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										✓			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										✓			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										✓			

VII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

✓

VIII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85 %

Lima, *08 Noviembre* del 2018

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

Cip: 1046572



IX. DATOS GENERALES

- 9.1. Apellidos y Nombres: *Cabrera Carranza, Carlos Francisco*
 9.2. Cargo e institución donde labora: Docente
 9.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Verificación del proceso biológico
 9.4. Autor(A) de Instrumento: Conislla Terán, Fabiola

X. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										✓			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										✓			
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										✓			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										✓			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										✓			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										✓			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										✓			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										✓			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										✓			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										✓			

XI. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

✓

XII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85 %

Lima, *08 Noviembre* del 2018

[Firma]
 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. *1242034* Telf: *945509119*



INFORME DE OPINION DE EXPERTOS DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres del validador: *Cabrera Carranza, Carlos Francisco*
- 1.2. Cargo e institución donde labora: *Docente,*
- 1.3. Especialidad del validador: *Geología*
- 1.4. Nombre del instrumento: *Cadena de custodia microbiológica y mineralógica.*
- 1.5. Título de la Investigación: *Comparación de los efluentes de lixiviación de los procesos biológico y químico de la calcopirita en la recuperación de cobre en laboratorio 2018.*
- 1.6. Autor del instrumento: *Conislla Terán, Fabiola.*

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE				ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										✓			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										✓			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										✓			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										✓			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										✓			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										✓			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										✓			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										✓			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										✓			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										✓			
PROMEDIO DE VALIDACIÓN											85/			

PERTINENCIA DE LOS ITEMS O RECATIVOS DEL INSTRUMENTO

INSTRUMENTO	SUFICIENTE	MEDIANAMENTE SUFICIENTE	INSUFICIENTE
	✓		

III. PROMEDIO DE VALORACIÓN..... IV. OPINION DE APLICABILIDAD

- El instrumento puede ser aplicada tal como está elaborado
- El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado

Lugar y Fecha: *08/NOV*

Firma del experto informante

[Firma] CIP: 046572

DNI. N° *17452789.*

Teléfono *945509179*

INFORME DE OPINION DE EXPERTOS DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

IV. DATOS GENERALES

- 1.7. Apellidos y Nombres del validador: Cabrera Corroza, Carlos Francisco
 1.8. Cargo e institución donde labora: Docente
 1.9. Especialidad del validador: Geología
 1.10. Nombre del instrumento: Verificación del proceso químico
 1.11. Título de la Investigación: Comparación de los efluentes de lixiviación de los procesos biológico y químico de la calcopirita en la recuperación de cobre en laboratorio 2018.
 1.12. Autor del instrumento: Conislla Terán, Fabiola.

V. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											✓		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											✓		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											✓		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											✓		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											✓		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											✓		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											✓		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											✓		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											✓		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											✓		
PROMEDIO DE VALIDACIÓN												85/		

PERTINENCIA DE LOS ÍTEMS O RECATIVOS DEL INSTRUMENTO

INSTRUMENTO	SUFICIENTE	MEDIANAMENTE SUFICIENTE	INSUFICIENTE
	✓		

- VI. PROMEDIO DE VALORACIÓN... 85% IV. OPINION DE APLICABILIDAD
 El instrumento puede ser aplicada tal como está elaborado
 El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado

Lugar y Fecha: 08/NOV

DNI. Nº 17422439

Firma del experto informante

Teléfono 946507119

Cip: 046572

INFORME DE OPINION DE EXPERTOS DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

VII. DATOS GENERALES

- 1.13. Apellidos y Nombres del validador: *Cabrera Carranza, Carlos Francisco*
 1.14. Cargo e institución donde labora: *Docente*
 1.15. Especialidad del validador: *Geología*
 1.16. Nombre del instrumento: *Verificación del proceso biológico*
 1.17. Título de la Investigación: *Comparación de los efluentes de lixiviación de los procesos biológico y químico de la calcopirita en la recuperación de cobre en laboratorio 2013.*
 1.18. Autor del instrumento: *Conislla Terán, Fabiola.*

VIII. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										✓			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										✓			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										✓			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										✓			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										✓			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										✓			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										✓			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										✓			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										✓			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										✓			
PROMEDIO DE VALIDACIÓN												85		

PERTINENCIA DE LOS ITEMS O RECATIVOS DEL INSTRUMENTO

INSTRUMENTO	SUFICIENTE	MEDIANAMENTE SUFICIENTE	INSUFICIENTE
	✓		

- IX. PROMEDIO DE VALORACIÓN: *85%* IV. OPINION DE APLICABILIDAD
 El instrumento puede ser aplicada tal como está elaborado
 El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado

Lugar y Fecha: *08/NOV*

DNI. Nº *17402784*

[Firma] CIP 046572
 Firma del experto informante

Teléfono *945 50705*

ANEXO II: INFORMES DE ENSAYO



LC INGENIERÍA CONSULTORA Y ASESORÍA
DEL PERU S.A.C. – LC ICA DEL PERU SAC
R.U.C. 20552341679

PROYECTOS DE REMEDIACION DE SUELOS CONTAMINADOS. TRATAMIENTO DE AGUA DOMESTICAS,
INDUSTRIALES Y AGUAS ACIDAS DE MINA. MONITOREO AMBIENTAL EN SUELO, AIRE Y AGUA,
ESTEREO AMBIENTALES. SALUD. IMPLEMENTACION Y CAPACITACION DE METODOS
ANALITICOS EN LABORATORIOS QUIMICO. FABRICACION DE EQUIPOS DE CONTROL DE GASES,
MATERIAL PARTICULADO, MURALS, PLANCHAS DE DIGESTION, CAMPANAS EXTRACTORAS,
VENTA DE EQUIPOS Y ACCESORIOS - IMPORTADOR - EXPORTADOR.



CONSTANCIA

Por medio de la presente dejamos la constancia que la alumna, Fabiola Conislla Terán con DNI N° 46786318 de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Cesar Vallejo con código de estudiante N°67002699063 a realizado su desarrollo de investigación con el apoyo académico de profesionales colegiados con experiencia de 15 años en problemas ambientales que laboran en prestigiosas empresas y entidades públicas quienes participaron como guías en el desarrollo de métodos estandarizados nacionales como internacionales y uso de equipos en el laboratorio particular de la empresa LC ICA DEL PERU SAC, los que fueron realizados de manera personal por el interesado dando constancia de su originalidad, veracidad de su trabajo como ameritan sus antecedentes que se tomaron en su trabajo que realizaron.

Expidiendo la presente constancia para fines que crea convenientes.

San Martin de Porres, 29 de noviembre del 2018.

Ing. Químico, MSc. Chris Lisset Luis Chiroque

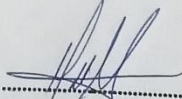
Reg. CIP: 153976

Ing. Ambiental: Mendoza Apolaya Luis Fernando

Reg. CIP: 213529

Ing. Ambiental, MSc. Ochoa Pinedo Susana Rosy

Reg. CIP: 164142


LC ICA DEL PERU S.A.C.
Luis Fernando Mendoza Apolaya
GERENTE



**LC INGENIERÍA CONSULTORA Y ASESORÍA
DEL PERU S.A.C. – LC ICA DEL PERU SAC**
R.U.C. 20552341679




PROYECTOS DE REMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS, TRATAMIENTO DE AGUA DOMESTICAS
INDUSTRIALES Y AGUAS ACIDAS DE MINA, MONITOREOS AMBIENTALES EN SUELO, AIRE Y AGUA
ESTUDIOS AMBIENTALES, SALVATA, IMPLEMENTACIÓN Y CAPACITACIÓN DE METODOS
ANALITICOS EN LABORATORIO QUIMICO, FABRICACIÓN DE EQUIPOS DE CONTROL DE CALIDAD
MATERIALES PARTICULADOS, MUESTRAS PLÁSTICAS DE DIGESTIÓN, CAMPAÑAS EXTRACTORIAS
VENA DE EQUIPOS Y ACCESORIOS – REPOSICIÓN – EXPORTACION.

Análisis de concentración de SO₄

Tratamiento CuFeS ₂ (g)	SO ₄																	
	Químico						Biológico											
	50.0000						150.0000											
Dosis (%)	D1. 2%						D2. 5%						D3. 150%					
Tiempo (Días)	T1. 7	T2. 14	T3. 21	T1. 7	T2. 14	T3. 21	T1. 7	T2. 14	T3. 21	T1. 7	T2. 14	T3. 21	T1. 7	T2. 14	T3. 21	T1. 7	T2. 14	T3. 21
R1	7.8000	8.2000	3.1000	35.0000	39.2000	15.1000	55.5000	35.2000	28.4000	11.800	41.2000	45.2000	18.6000	42.8000	54.6000	58.9000	69.9000	51.3000
R2	7.7000	7.9000	3.4000	34.9000	38.8000	14.7000	57.0000	35.6000	30.1000	11.100	41.6000	45.5000	18.9000	43.8000	55.2000	58.4000	69.9000	51.6000
R3	7.9000	8.1000	3.2000	35.3000	37.9000	14.9000	56.5600	34.9000	29.4000	11.800	41.3000	44.9000	18.6000	44.8000	55.4000	57.9000	69.9000	51.8000

Análisis de cabeza de mineral

Código	%Cu	%Fe	%Mn	%As	Au onz/tn	%SO ₄	S
Ley cabeza	0.1902	3.456	0.0007	0.0056	0.0003	4.5	0.06


 LUIS FERNANDO
 MENDOZA APOLAYA
 INGENIERO AMBIENTAL
 Reg. CIP N° 213529



LC INGENIERIA CONSULTORA Y ASESORIA DEL PERU S.A.C. - LC ICA DEL PERU SAC
R.U.C. 20552341679



PROTECTOR DE REMEDIACION DE SUELOS CONTAMINADOS, TRATAMIENTO DE AGUA DOMESTICAS INDUSTRIALES Y AGUAS ACIDAS DE MINA, MONITOREOS AMBIENTALES EN SUELO, AIRE Y AGUA, ANALISIS DE SUELOS PARA LA DETERMINACION Y CONCENTRACION DE METODOS, ANALISIS DE MATERIAS ORGANICAS EN SUELOS, ANALISIS DE SUELOS PARA LA DETERMINACION DE NITRATOS, MATERIA PARTICULADA, METALES, PLANCHAS DE DESECCION, CAMPAÑAS EXTRACTORAS, VENTA DE EQUIPOS Y ACCESORIOS - IMPORTADOR - EXPORTADOR.



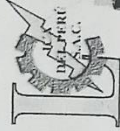
Análisis de concentración de As

ARSENICO																	
Tratamiento	Químico						Biológico										
	50.0000						100.0000										
Cultivos (g)	100.0000						50.0000										
	D1. 2%						D1. 2%										
Dosis (%)	D2. 5%						D2. 5%										
	D3. 15.0%						D3. 15.0%										
Tiempo (Días)	D1. 2%		D2. 5%		D3. 15.0%		D1. 2%		D2. 5%		D3. 15.0%						
	T1. 7	T2. 14	T3. 21	T1. 7	T2. 14	T3. 21	T1. 7	T2. 14	T3. 21	T1. 7	T2. 14	T3. 21					
R1	0.0041	0.0056	0.0020	0.0136	0.0010	0.0090	0.1184	0.1010	0.0190	0.0026	0.0100	0.1406	0.0117	0.0170	0.1920	0.1267	0.1093
R2	0.0039	0.0057	0.0010	0.0126	0.0011	0.0080	0.1084	0.1011	0.0189	0.0030	0.0110	0.1409	0.0118	0.0170	0.1931	0.1271	0.1091
R3	0.0040	0.0050	0.0010	0.0134	0.0016	0.0070	0.1104	0.1090	0.0192	0.0026	0.0140	0.1410	0.0121	0.0170	0.1933	0.1287	0.1099

Análisis de concentración de Au

Au																	
Tratamiento	Químico						Biológico										
	50.0000						100.0000										
Cultivos (g)	100.0000						50.0000										
	D1. 2%						D1. 2%										
Dosis (%)	D2. 5%						D2. 5%										
	D3. 15.0%						D3. 15.0%										
Tiempo (Días)	D1. 2%		D2. 5%		D3. 15.0%		D1. 2%		D2. 5%		D3. 15.0%						
	T1. 7	T2. 14	T3. 21	T1. 7	T2. 14	T3. 21	T1. 7	T2. 14	T3. 21	T1. 7	T2. 14	T3. 21					
R1	0.0002	0.0001	0.0010	0.0002	0.0001	0.0001	0.0002	0.0001	0.0001	0.0040	0.0010	0.0001	0.0010	0.0010	0.0003	0.0040	0.0001
R2	0.0002	0.0001	0.0020	0.0001	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0030	0.0020	0.0002	0.0020	0.0010	0.0001	0.0040	0.0000
R3	0.0001	0.0002	0.0010	0.0000	0.0001	0.0001	0.0000	0.0002	0.0002	0.0040	0.0030	0.0000	0.0010	0.0010	0.0002	0.0040	0.0000

[Signature]
LUIS FERNANDO MENDOZA APOLAYA
INGENIERO AMBIENTAL
 Reg. CIP N° 213523



LC INGENIERÍA CONSULTORA Y ASESORÍA DEL PERU S.A.C. – LC ICA DEL PERU SAC
R.U.C. 20552341679

PROYECTOS DE REMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS, ANÁLISIS DE AGUA, DEMUESTROS INDUSTRIALES Y AGUAS SUCIAS DE ANIMA, IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES EN SUELOS, AGUAS ESTUARIOS AMBIENTALES, SALUD, IMPLEMENTACIÓN Y CAPACITACIÓN DE AUTÓTEOS, ANÁLISIS EN LABORATORIO QUÍMICO, FABRICACIÓN DE EQUIPOS DE CONTROL DE GASES, MATERIAL PARTICULADO, MUELAS, PLANCAS DE DIGESTIÓN, CAMPANAS EXTRACTORAS, VENTA DE EQUIPOS Y ACCESORIOS – IMPORTADOR – EXPORTADOR.



Análisis de concentración de Cu

Tratamiento Cu/FeS ₂ (g)	Cu																	
	Químico									Biológico								
	50			100			150			50			100			150		
Tiempo (Días)	D1. 2%			D2. 5%			D3. 150%			D1. 2%			D2. 5%			D3. 150%		
	T1. 7	T2. 14	T3. 21	T1. 7	T2. 14	T3. 21	T1. 7	T2. 14	T3. 21	T1. 7	T2. 14	T3. 21	T1. 7	T2. 14	T3. 21	T1. 7	T2. 14	T3. 21
R1	11.3400	8.3450	0.1320	19.3100	10.3400	0.2650	24.1200	18.3400	0.5050	3.2700	2.9890	0.1100	16.3710	14.0900	0.2150	23.0300	19.0300	0.3450
R2	11.2800	8.3370	0.1330	19.3300	10.3100	0.2550	24.2400	18.2900	0.3010	3.2690	2.9810	0.1110	16.2570	14.1100	0.2150	23.0500	19.2300	0.3390
R3	11.3100	8.3270	0.1310	19.3200	10.4500	0.2580	24.3700	18.3400	0.3100	3.2700	2.9910	0.1140	16.2990	14.1600	0.2150	23.1300	19.4500	0.3400

Análisis de concentración de Fe

Tratamiento Cu/FeS ₂ (g)	Fe																	
	Químico									Biológico								
	50.0000			100.0000			150.0000			50.0000			100.0000			150.0000		
Tiempo (Días)	D1. 2%			D2. 5%			D3. 150%			D1. 2%			D2. 5%			D3. 150%		
	T1. 7	T2. 14	T3. 21	T1. 7	T2. 14	T3. 21	T1. 7	T2. 14	T3. 21	T1. 7	T2. 14	T3. 21	T1. 7	T2. 14	T3. 21	T1. 7	T2. 14	T3. 21
R1	4.7500	7.4500	3.5640	10.3200	7.3100	4.3600	48.3800	31.3100	25.3600	9.3450	19.0900	10.4500	18.7400	16.0100	10.0900	54.0100	49.0300	40.2300
R2	4.6800	7.4000	3.5140	10.4200	7.2900	4.3100	48.4400	31.2500	25.2900	9.3380	18.9900	10.2500	18.3700	15.9900	10.0900	54.2300	49.1900	39.8900
R3	4.7100	7.3900	3.5540	10.3600	7.4300	4.3000	48.4000	31.3600	25.3000	9.3450	19.3400	10.3500	18.4100	16.1200	10.0900	54.4500	49.3500	40.1000

LUIS FERNANDO MENDOZA APOLAYA
 INGENIERO AMBIENTAL
 Reg. CIP N° 213523