



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERÍA MINAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



**BIODEGRADACIÓN DE DRENAJE ÁCIDO DE MINA CON
BACTERIAS FOTOSINTÉTICAS, ÁCIDO LÁCTICAS Y
LEVADURAS EN EL PROYECTO MINERO ACUMULACIÓN LOS
ROSALES – VILQUE**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. LUIS UBER MONTREUIL LAZARO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO DE MINAS

PUNO – PERÚ

2023



Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

BIODEGRADACIÓN DE DRENAJE ÁCIDO DE MINA CON BACTERIAS FOTOSINTÉTICAS, ÁCIDO LÁCTICAS Y LEVADURAS EN

AUTOR

LUIS UBER MONTREUIL LAZARO

RECuento DE PALABRAS

18964 Words

RECuento DE CARACTERES

102089 Characters

RECuento DE PÁGINAS

108 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

5.2MB

FECHA DE ENTREGA

Jul 20, 2023 11:39 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jul 20, 2023 11:40 AM GMT-5

● 10% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 9% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 5% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)



M.Sc. Fidel Huisa Mamari

Resumen



DEDICATORIA

*A mis queridos padres, Luis Uber Montreuil García y Luz Rosario Lázaro Huamancaja,
por guiarme en el sendero de la vida, por todo su amor, trabajo y sacrificio.*

*A mis hermanos, Andy, Diego y Bryan, por nunca haberme dejado de alentar en cumplir
mis metas.*

A Dios por bendecirme en mi vida y guiarme en camino.

Luis Uber.



AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por acompañarme todos los días, por brindarme fuerza, sabiduría y paciencia para culminar con éxito mis metas propuestas.

Quiero agradecer a mi Universidad Nacional del Altiplano, donde me he formado profesionalmente.

A la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas y a los docentes que fueron parte de mi instrucción como profesional.

A mis jurados M.Sc. Esteban Marín Paucara, Ing. Esteban Aquino Alanoca y M.Sc. Lucio Quea Gutiérrez, quienes me ayudaron a desarrollar activamente en la elaboración de este trabajo.

Al M.Sc. Fidel Huisa Mamani, por brindarme su conocimiento, experiencia y orientación, lo cual hizo posible culminar con este trabajo de investigación.

A mis compañeros, a todos los que estuvieron durante mi etapa de universitaria.

Luis Uber.



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

INDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN 13

ABSTRACT..... 14

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 15

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 16

1.2.1. Pregunta general 16

1.2.2. Preguntas específicas..... 16

1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN 16

1.3.1. Hipótesis general 16

1.3.2. Hipótesis específicas 16

1.4. JUSTIFICACIÓN..... 17

1.5. OBJETIVOS..... 17

1.5.1. Objetivo general 17

1.5.2. Objetivos específicos..... 18



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	19
2.2. MARCO TEÓRICO	26
2.2.1. Aguas generadas en las actividades mineras.....	26
2.2.2. Las bacterias fotosintéticas.....	28
2.2.3. Descubrimiento del ácido láctico	28
2.2.4. Desarrollo de las bacterias ácido lácticas	29
2.2.5. Proceso de la biodegradación	30
2.2.6. Producción de las levaduras	30
2.2.7. Drenaje ácido de mina.....	31
2.2.8. Caracterización de los drenajes ácidos de mina	32
2.2.9. Factores contribuyentes en la formación del DAM	33
2.2.10. Efectos ambientales del DAM.....	34
2.2.11. Tratamientos y/o remediación de drenaje ácidos de mina	34
2.2.12. Prevención y control de los drenajes ácidos de mina.....	34
2.2.13. Remediación de los drenajes ácidos de mina.....	35
2.3. MARCO CONCEPTUAL.....	36
2.3.1. Aguas ácidas de los Rosales.....	36
2.3.2. Bacterias fotosintéticas, ácido lácticas y levaduras.....	36
2.3.3. Drenaje ácido de mina los Rosales.....	37
2.3.4. Microorganismos.....	37
2.3.5. Temperatura de los biodegradantes.....	38
2.3.6. Actividad minería de los Rosales	38
2.3.7. Parámetros fisicoquímicos	39



2.3.8. Levaduras del biodegradante..... 40

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ZONA DE ESTUDIO 41

3.1.1. Ubicación 41

3.1.2. Acceso 41

3.1.3. Delimitación del área de investigación 42

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA DEL ESTUDIO 42

3.2.1. Población..... 42

3.2.2. Muestra..... 43

3.2.3. Muestreo..... 43

3.4. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN 43

3.4.1. Enfoque de investigación 43

3.4.2. Tipo de investigación 45

3.4.3. Diseño de investigación 45

3.5. PROCEDIMIENTO 45

3.5.1. Determinación del potencial de hidrogeno y la concentración de metales pesados en la muestra inicial del DAM en el proyecto minero Acumulación Los Rosales – Vilque..... 46

3.5.2. Determinación del porcentaje de biodegradación de la concentración de los metales pesados aplicando bacterias fotosintéticas, acido lácticas y levaduras del DAM en el proyecto minero Acumulación Los Rosales – Vilque..... 48

3.6. VARIABLES 52

3.6.1. Variable independiente..... 52

3.6.2. Variable dependiente..... 53



3.7. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	53
3.7.1. Técnicas.....	53
3.7.2. Instrumentos	53
3.7.3. Materiales:.....	53
3.7.4. Equipos de laboratorio de monitoreo y evaluación ambiental de la Facultad de Ingeniería de Minas – Puno:.....	54

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. RESULTADOS	56
4.1.1. Resultados de la biodegradación de drenaje ácido de mina con bacterias fotosintéticas, ácido lácticas y levaduras, del proyecto minero Acumulación los Rosales – Vilque.....	56
4.1.2. Resultados del potencial de hidrogeno y la concentración de metales pesados en la muestra inicial del DAM en el proyecto minero Acumulación Los Rosales – Vilque.	71
4.1.3. Resultados del porcentaje de biodegradación de la concentración de los metales pesados aplicando bacterias fotosintéticas, ácido lácticas y levaduras del DAM en el proyecto minero Acumulación Los Rosales – Vilque.	72
4.1.4. Prueba de hipótesis.....	74
4.2. DISCUSIONES	78
4.2.1. Discusión de la biodegradación de drenaje ácido de mina con bacterias fotosintéticas, ácido lácticas y levaduras, del proyecto minero Acumulación los Rosales – Vilque.....	78



4.2.2. Discusión del potencial de hidrogeno y la concentración de metales pesados en la muestra inicial del DAM en el proyecto minero Acumulación Los Rosales – Vilque.....	79
4.2.3. Discusión del porcentaje de biodegradación de la concentración de los metales pesados aplicando bacterias fotosintéticas, acido lácticas y levaduras del DAM en el proyecto minero Acumulación Los Rosales – Vilque.....	81
V. CONCLUSIONES.....	83
VI. RECOMENDACIONES	84
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	85
ANEXOS.....	91

Área : Ingeniería de Minas

Línea : Monitoreo y Evaluación del Impacto Ambiental en Minería

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 26 de julio del 2023



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Proceso de determinación de la eficiencia del biodegradante	48
Figura 2. Concentración de metales pesados con biodegradante liquido.....	57
Figura 3. Concentración de metales pesados con biodegradante granulado	58
Figura 4. Comparativa de conductividad eléctrica entre biodegradante líquido y granular.	60
Figura 5. Comparativa de pH entre biodegradante líquido y granular.....	62
Figura 6. Comparativa de potencial oxidación / reducción entre biodegradante líquido y granular	64
Figura 7. Comparativa de porcentaje de oxígeno disuelto entre biodegradante líquido y granular.	66
Figura 8. Comparativa de sólidos totales disueltos entre biodegradante líquido y granular.	68
Figura 9. Comparativa de presión atmosférica entre biodegradante líquido y granular.	70



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Minerales de sulfuro metálico que generan aguas acidas en minería.	32
Tabla 2.	Accesibilidad a la unidad minera	42
Tabla 3.	Lista de metales pesados a evaluar	47
Tabla 4.	Parámetros fisicoquímicos a evaluar	47
Tabla 5.	Proceso experimental	51
Tabla 6.	Biodegradante líquido en la remoción de metales pesados	56
Tabla 7.	Biodegradante granular en la remoción de metales pesados	57
Tabla 8.	Biodegradante con la conductividad eléctrica	59
Tabla 9.	Biodegradante con el pH.....	61
Tabla 10.	Biodegradante con el potencial de oxidación /reducción	63
Tabla 11.	Biodegradante con el oxígeno disuelto	65
Tabla 12.	Biodegradante con los sólidos totales disueltos.....	67
Tabla 13.	Biodegradante con la presión atmosférica	69
Tabla 14.	Concentración de los metales en el DAM.....	71
Tabla 15.	Concentración de los parámetros fisicoquímicos del DAM, antes	71
Tabla 16.	Porcentaje de biodegradación del líquido en la remoción de metales pesados	72
Tabla 17.	Porcentaje de biodegradación granular en la remoción de metales pesados .	73



INDICE DE ACRÓNIMOS

As	: arsénico
Al	: aluminio
BAL	: Bacterias Ácido Lácticas
BSR	: Bacterias Sulfato Reductoras
BOFe	: Bacterias Oxidadoras de Hierro
Cd	: cadmio
Cr	: cromo
Cu	: cobre
ECA	: Estándares de Calidad Ambiental
DAM	: Drenaje Ácido de Minas
DAR	: Drenaje Ácido de Rocas
Fe	: hierro
mg/l	: Miligramos por litro
NMP	: Numero Más Probable
OGYE	: Base de Agar Glucosa Oxitetraciclina
PAM	: Pasivos Ambientales Mineros
pH	: potencial de hidrogeno
PCR	: reacción en cadena de polimerasa
Pb	: plomo
TRH	: Tiempo de Retención Hidráulica
μS/cm	: Micro Siemens
Zn	: zinc



RESUMEN

El presente trabajo de investigación surgió a razón del impacto al medio ambiente por Drenaje Acido de Mina (DAM), la concesión minera SMRL Acumulación los Rosales – Vilque presenta 10 de estos pasivos los cuales causan daños al medio ambiente por el DAM de la labor Candelaria, que necesita ser diagnosticado y tratado; iniciando los análisis el 10 de enero del 2022; ante ello se planteó el objetivo principal determinar la biodegradación de drenaje ácido de mina con bacterias fotosintéticas, ácido lácticas y levaduras, para lo cual se utilizara la metodología de aislamiento de bacterias fotosintéticas, ácido lácticas y levaduras fue diluir el biodegradante con agua acida de mina en proporciones de 3 partes de biodegradante y 20 partes de agua acida de mina; la población y muestra se conformó por las aguas acidas provenientes del DAM Los Rosales; se desarrolló en utilizar 2 baldes de 20 litros de las cuales se colocó 3 litros de biodegradante líquido y 3 kilogramos de granulado; todo ello a un tiempo de retención hidráulica de 30 días; siendo la concentración en la muestra inicial de 2,00 mg/l de As; 2,5 mg/l de Cd; 1,80 mg/l de Cr; 7,50 mg/l de Cu; 117,50 mg/l de Fe; 2,00 mg/l de Pb y 3,00 mg/l de Zn; del DAM; después de la aplicación del biodegradante líquido, se ha obtenido una biodegradación de: arsénico 49,50%; cadmio 98,40%; cromo 99,44%; cobre 52,53%; hierro 46,16%; plomo 95%; zinc 48% y pH 6,11 ; mientras que con el biodegradante granular, se ha obtenido una biodegradación: arsénico 60,50 %; cadmio 96,40%; cromo 100%; cobre 30,93 %; hierro 98 %; plomo 91,50 %; zinc 45 % y pH 6,34 . Concluyendo que los biodegradantes fueron óptimos para remover los metales pesados.

Palabras clave: Acido lácticas, bacterias fotosintéticas, levaduras, metales pesados, microorganismos.



ABSTRACT

The present research work arose due to the impact on the environment by Acid Mine Drainage (DAM), the mining concession SMRL Accumulation los Rosales - Vilque presents 10 of these liabilities which cause damage to the environment by the DAM of the Candelaria work, which needs to be diagnosed and treated; starting the analyzes on January 10, 2022; Given this, the main objective was to determine the biodegradation of acid mine drainage with photosynthetic bacteria, lactic acid and yeasts, for which the methodology for the isolation of photosynthetic bacteria, lactic acid and yeasts was to dilute the biodegradant with acid mine water. in proportions of 3 parts of biodegradant and 20 parts of acid mine water; the population and sample was made up of the acidic waters from the Los Rosales DAM; it was developed in using 2 buckets of 20 liters of which 3 liters of liquid biodegradant and 3 kilograms of granules were placed; all this at a hydraulic retention time of 30 days; the concentration in the initial sample being 2.00 mg/l of As; 2.5 mg/l Cd; 1.80 mg/l Cr; 7.50 mg/l Cu; 117.50 mg/l of Fe; 2.00 mg/l of Pb and 3.00 mg/l of Zn; of the DAM; after the application of the liquid biodegradant, a biodegradation of: arsenic 49.50% has been obtained; cadmium 98.40%; chrome 99.44%; copper 52.53%; iron 46.16%; lead 95%; zinc 48% and pH 6.11; while with the granular biodegradant, a biodegradation has been obtained: arsenic 60.50%; cadmium 96.40%; chrome 100%; copper 30.93%; iron 98%; lead 91.50%; zinc 45% and pH 6.34. Concluding that the biodegradants were optimal to remove heavy metals.

Keywords: Lactic acid, photosynthetic bacteria, yeasts, heavy metals, microorganisms.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actividad minera, en el proceso de extracción de material con alto nivel de sulfuros, al tener contacto con el oxígeno y agua, generan lo que se conoce como Drenajes Ácido de Mina (DAM), que son conocidos por tener un pH muy ácido y metales pesados. Estos causan impacto negativo al medio ambiente por inadecuado tratamiento, la influencia de estos DAM en el medio ambiente puede impactar a los animales locales, así también a los cuerpos de aguas superficiales y subterráneas (Denegri y Lannacone, 2020). Una parte importante de la generación de DAM se atribuye a los pasivos mineros, que son residuos mineros que tienen un impacto medioambiental adverso en los ecosistemas o suponen un riesgo a largo plazo para la salud de los pobladores, propiedad y el ecosistema circundante (Denegri y Lannacone, 2020). La concesión minera denominada Acumulación Los Rosales, que está ubicado en la provincia Vilque, departamento de Puno, cuenta con 10 pasivos ambientales mineros, los cuales son de entera responsabilidad del titular de la concesión. Asimismo, el problema del DAM de la labor Candelaria viene a ser motivo de investigación de los impactos que causa al medio ambiente en la zona, ya que está causando daños en suelos, aguas, esto debido a la rehabilitación de la labor Candelaria. Por lo tanto, los DAM que requieren diagnosticar la presencia de metales pesados y el pH del agua para su posterior tratamiento con bacterias fotosintéticas, ácido láctico y levaduras son una prioridad para la gestión ambiental.



1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Pregunta general

¿En qué medida se da la biodegradación de drenaje ácido de mina con bacterias fotosintéticas, ácido lácticas y levaduras, del proyecto minero Acumulación los Rosales – Vilque?

1.2.2. Preguntas específicas

- ¿En qué medida se da el potencial de hidrogeno y la concentración de metales pesados en la muestra inicial del DAM en el proyecto minero Acumulación Los Rosales - Vilque?
- ¿En qué porcentaje se da la biodegradación de la concentración de los metales pesados aplicando bacterias fotosintéticas, ácido lácticas y levaduras del DAM en el proyecto minero Acumulación Los Rosales - Vilque?

1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. Hipótesis general

Las bacterias fotosintéticas, ácido lácticas y levaduras, favorecen en la biodegradación del DAM en el proyecto minero Acumulación Los Rosales - Vilque.

1.3.2. Hipótesis específicas

- El potencial de hidrogeno y las concentraciones de los metales pesados sobrepasaron los límites máximos permisibles del DAM en el proyecto minero Acumulación Los Rosales - Vilque.



- Los resultados de análisis una vez aplicada las bacterias fotosintéticas, ácido láctico y levaduras optimizaron la biodegradación del DAM en el proyecto minero Acumulación Los Rosales - Vilque.

1.4. JUSTIFICACIÓN

El estudio de investigación surge por la preocupación por el impacto negativo de la actividad minera en el medio ambiente, la salud de las personas y animales, especialmente en relación con la gestión inadecuada del DAM. Una de las principales causas de contaminación de las aguas superficiales y subterráneas en todo el mundo es el drenaje ácido de minas. Es necesario evitar que se forme este problema y emplear alternativas de tratamiento más adecuadas, ya que puede durar muchos años concluido el ciclo productivo. Por lo tanto, mediante la investigación se buscó abordar este problema mediante la aplicación de bacterias biodegradantes, como las fotosintéticas, ácido láctico y levaduras, con el fin de reducir la contaminación del agua y evitar su impacto en cuerpos de agua. Además, el desarrollo de esta investigación puede mejorar la tecnología disponible para la biodegradación de DAM.

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. Objetivo general

Determinar la biodegradación de drenaje ácido de mina con bacterias fotosintéticas, ácido láctico y levaduras, del proyecto minero Acumulación los Rosales – Vilque.



1.5.2. Objetivos específicos

- Determinar el potencial de hidrogeno y la concentración de metales pesados en la muestra inicial del DAM en el proyecto minero Acumulación Los Rosales – Vilque.
- Determinar en qué porcentaje se da la biodegradación de la concentración de los metales pesados aplicando bacterias fotosintéticas, acido lácticas y levaduras del DAM en el proyecto minero Acumulación Los Rosales – Vilque.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Azcona (2022), los criterios que tomo el autor fue criterio de exclusión. Como primera etapa el autor hizo la recopilación de datos de tesis, artículos científicos, libros, etc. Como segunda etapa el autor recopiló todos los datos para ser analizados. Como etapa final, ya teniendo los datos y resultados se procedió a redactar la tesis. Los resultados que obtuvo el autor fueron con inicio de pH 3,3, después de la remoción terminó con un pH 7,7, la remoción de metales pesados como el Zinc, magnesio, hierro, cromo, Boro, Bario. Tuvieron niveles por debajo de los límites máximos permisibles. En conclusión, el tratamiento mediante fangos nos dio un buen porcentaje de remoción con un 99,6 %, con el método de fitorremediación logró remover un promedio de 93 %. Con el modelo de electrocoagulación logró remover un promedio de 97,50 %, con el método de biorremediación logró una remoción promedio de 42,4 %.

Pardavé *et al.* (2022), los investigadores utilizaron la metodología *Desing Thinking*, la metodología utiliza 4 etapas: definir, idear, prototipar, probar. El autor creó una cadena de especificaciones para la investigación, iniciando con el planteamiento del problema, revisión, metodología *Densingn Thinking*, diseño final (medios filtrantes, caracterización, funcionalidad y remoción de sólidos). En su resultado utilizó 5 filtros, el pH osciló entre valores casi neutros 6 – 8,1 cumpliendo con los límites máximos permisibles. Así mismo en los 5 filtros al realizar el filtrado por gravedad es muy lento y efecto. En conclusión, la aplicación de los filtros con relaves mineros es eficiente, el método es económico.



Sun *et al.* (2020), investigaron los microorganismos que pueden remover metales pesados del agua se encuentran las levaduras, que son hongos unicelulares que pueden crecer en ambientes ácidos y tolerar altas concentraciones de metales, usando levaduras aisladas de suelos contaminados para la remoción de plomo y cadmio del agua. Los autores evaluaron la capacidad de tres cepas de levaduras, *Candida tropicalis*, *Rhodotorula mucilaginosa* y *Cryptococcus laurentii*, para remover estos metales bajo diferentes condiciones de pH, temperatura, tiempo de contacto y concentración inicial de metales. Los autores encontraron que las tres cepas de levaduras fueron capaces de remover más del 95% de plomo y cadmio del agua, reduciendo la concentración inicial de 100 mg/l de plomo a menos de 4 mg/l y la concentración inicial de 50 mg/l de cadmio a menos de 3 mg/l, siendo *Candida tropicalis* la más eficiente. Los autores también analizaron los mecanismos de remoción de metales por las levaduras, y concluyeron que la biosorción y la bioacumulación son los principales procesos involucrados. El estudio demuestra el potencial de las levaduras como biosorbentes para la remoción de plomo y cadmio del agua contaminada.

Ahemad (2019), investigo los microorganismos que pueden remover metales pesados del agua los cuales se encuentran las bacterias ácido lácticas (BAL), que son microorganismos biodegradables y económicos que pueden remover cromo hexavalente por mecanismos biológicos como la biosorción y la bioacumulación. investigó el uso de bacterias ácido lácticas obtenidas de residuos agrícolas para la remoción de cromo hexavalente del agua. El autor evaluó la capacidad de tres cepas de bacterias ácido lácticas, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus fermentum* y *Lactobacillus brevis*, para remover este metal bajo diferentes condiciones de pH, temperatura, tiempo de contacto y concentración inicial de metal. El autor reportó que las bacterias ácido lácticas redujeron en promedio la concentración única de cromo hexavalente en un 96,7%, bajando la



concentración inicial de 100 mg/l a 3,3 mg/l. El estudio demuestra el potencial de las bacterias ácido lácticas como biosorbentes para la remoción de cromo hexavalente del agua contaminada.

Meza (2018), en la antigüedad en la época colonial la extracción en la minería no era mecanizada y no había mucho conocimiento para tratamientos de los pasivos que se producía en la separación de minerales. En Bolivia tiene casos similares ya que Bolivia también es un país netamente minero donde comparte los casos de pasivos ambiénteles. El objetivo es estudiar las técnicas, economía y ambiental de la biorremediación de pasivos ambiénteles. Para la ejecución de la formación del dar se realizaron 3 etapas, en la etapa 1 se oxida la concentración de minerales sulfuros y ácidos, el CaCO_3 cumplirá la función de oxidar y regular el pH. En la etapa 2 se espera a que el pH baje a 4,5 hasta 3,5 pH. En la etapa 3 la oxidación es mayor por la capacidad de canalización biológicamente. En la metodología se usaron 3 muestras en diferentes zonas, las cuales tiene como característica principal la distribución granulométrica, densidad real – aparente y por su porosidad. Los resultados que se obtuvieron en la conductiva eléctrica en la muestra *Frankeita* muestra un valor 0,63 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 0,50 $\mu\text{S}/\text{cm}$. En conclusión, la estimación del área de la micro cuenca es de 50 % la cual tiene sulfuros dispersados. El punto DAR (drenaje ácido de rocas) se visualizó una alta presentación de relaves mineros las cuales requieren una remediación.

Duque (2016), hace dos etapas, la primera etapa se recolectó datos de las aguas ácidas donde se utiliza frascos esterilizados, cooler. Para analizar datos se realizó en un laboratorio. En la segunda etapa se hace el aislamiento de las cepas bacterianas para lo cual se utilizó 4 recipientes distintos donde se inocularon con 3 diferentes temperaturas durante 24 horas. en la tercera etapa se evaluaron las resistencias de concentraciones de arsénico, fueron incubadas con OGYE (Base de Agar Glucosa Oxitetraciclina) un



nutriente que ayudo al reproduccion de las bacterias. La cuarta etapa fue analizar la reducci3n de ars3nico, la metodolog3a que se utiliza es Simeonova. En la quinta etapa fue la identificaci3n de las cepas bacterianas aisladas, las cuales se caracterizaron por tinci3n de Gram, oxida, Catalasa, pruebas bioqu3micas. Los resultados en los relaves de la minera MINEREICIS S.A. las concentraciones de los metales fueron en ars3nico- 232 mg/l, cadmio-0,54 mg/l, hierro-6996 mg/l, mercurio – 0,025 mg/l, plomo – 22mg/l, cobre mg/l. En conclusi3n, en la aplicaci3n de las diferentes bacterias, son 8 cepas que tuvieron un buen comportamiento en la remoci3n de ars3nico, de los g3neros *Pseudomonas*, *Vidrio* y *Pasteurrella*.

Escobar (2015), en su investigaci3n tuvo como objetivo determinar cu3nto reducen las bacterias sulfatos aplicado en los drenajes de agua 3cidos de minas. La metodolog3a que utilizo el autor fue como primer paso preparar los biorreactores, donde se tomaron en cuenta las medidas, cantidad de esti3rcol de vaca, % de champi3n, determinaci3n del nivel un pH optimo, preparaci3n de un humedal artificial, inoculo de bacterias sulfato reductoras (BSR). Se tomaron muestras 3 veces en 7 d3as. Los resultados que obtuvo. El autor tuvo que dar condiciones 3ptimas para hacer la aplicaci3n de las bacterias para lo cual se demor3 un tiempo de 14 d3as, pasado los 25 d3as se visualiz3 la decantaci3n de un material de color negro. Se probaron varias temperaturas de anillamiento, las temperaturas eficientes fueron de 59 y 61,4 C°, la remoci3n de metales Fe, Zn y Mn. Tuvieron diferentes resultados dependiendo del m3todo aplicado, para el m3todo de reactores tuvo una remoci3n de 99,41 % sin embargo para el m3todo TRH bajo a un 86%, para el m3todo DAM tuvo un 80 % de remoci3n. En conclusi3n, el pH tuvo mucho que ver ya que si no se controla un pH optimo el experimento no tiene buenos resultados.



Díaz (2013), su estudio acerca del DAM de la Mina Cascabel situada en el municipio de Marmato Caldas, Colombia, las variables fueron, propiedades del agua que fueron medibles, evaluadas, observables y cambiantes como: concentración de pH, DBO, temperatura, SST, propiedades organolépticas, sulfatos y disueltos. La fluctuación de las calidades especificadas con relación al tratamiento utilizado y su comportamiento en comparación con los parámetros definidos por la ley, la técnica utilizada fue el examen de muestras de agua enviadas al laboratorio. Las mediciones de pH en el drenaje de agua ácida de la mina revelaron propiedades ácidas con valores que van de 3 a 4, Sólidos suspendidos 3,30 - 4,50, sólidos disueltos 1 710,0 – 1 636,7 y sulfatos 756,60 -756,60 es inadecuado para la naturaleza, ya que podría alterar los procesos químicos y biológicos naturales, lo que tendría repercusiones negativas como el deterioro de la naturaleza y la contaminación del agua. Las conclusiones indican que los niveles detectados de pH y sulfatos, que en determinadas proporciones se comportan como contaminantes, implican que el agua de la mina se encuentra con presencia de contaminación al ambiente, el suelo y el agua.

Trujillo (2022), la presente investigación es de tipo experimental. El procedimiento experimental tuvo 4 ítem, el primer ítem nos habla de la optimización del pH para tener una remisión eficiente, el segundo ítem determina cual sería el tiempo ideal para la remoción, el tercer ítem nos habla del tiempo ideal para la ozonización, como 4 ítem habla del análisis de todos los ítems. El diseño de la investigación tomo 3 partes la parte pre experimental, experimental, post experimental. En la primera etapa se hizo el acondicionamiento del laboratorio, recolección BOFe, recolección DAM y PAM, en la segunda etapa se hizo las pruebas experimentales las cuales fueron controladas, pH, oxígeno disuelto, ozono, bacterias oxidadoras, en la etapa final se hizo los análisis físico químicos de Fe, se determinó si tuvo o no tuvo eficiencia al aplicar el método. Teniendo



como resultado, en un tiempo de un día entero de 24 horas el pH se regulo a un pH casi neutro con valores de 6,55, al inyectar el ozono al experimento se determinó que a los 5 minutos tuvo una remoción de 32 % en Hierro, al minuto 17 un 26% en Fe. En conclusión, la aplicación de NaOH en la remoción de Fe. Las dosis eficientes para un pH neutro son de 4,52 y 5,51 para la aplicación del BOFe se determinó que las condiciones de amonio, nitrógeno tienen que ser altas.

Palma (2018) , la evaluación de un biorreactor pasivo empleando bacterias sulfato reductoras con 75 días de período operativo. Se evaluó la eficiencia del reactor con relación al ascenso del pH. La bocamina investigada origina un drenaje ácido con un pH medio de 3,5 y altas concentraciones de metales pesados; las propiedades fisicoquímicas de la DAM de la fosa BM-02 se establecieron mediante 11 monitoreos en temporada húmeda y seca en 2016 y 2017. Este pozo está clasificado como pasivo ambiental minero y produce un DAM persistente con un pH de 3,6; una conductividad de 477 $\mu\text{S}/\text{cm}$, un oxígeno disuelto de 4,5 mg/l, una temperatura de 11°C y un caudal medio de 0,1 l/s. Los resultados mostraron que el reactor fue optimizado y mejorado al modificar el drenaje de la mina con un casi neutro pH y al reforzar el aumento del pH a un nivel aceptable para el desarrollo bacteriano con la implementación de piedra caliza. Días de evaluación de 30 a 75, se presentaron pH más altos a la salida del biorreactor pasivo con un promedio de 5,86; 5,59 y 6,09; respectivamente.

Coaquira (2014), determino los valores físicos y químicos óptimos para la biodegradación de cianuro empleando *Pseudomonas fluorescens* en aguas cianuradas producidos por la empresa minera EMISOL en Bolivia, el investigador solicito los datos obtenidos mediante el método de diseño Box – Behnken, estudiando las variables de temperatura, concentración de cianuro y pH. Los resultados que obtuvo fueron que la prueba número 9 se degrado con una eficiencia de 98,113 obteniendo el mayor porcentaje,



sin embargo, la prueba 14 obtuvo la mínima absorción con un porcentaje de 67,8 %. En conclusión, la investigación demostró que las *Pseudomonas fluorescens* presentan una máxima eficiencia y mejor tasa de degradación de cianuro con un 96,67 % y 17,57 %/día respectivamente, obteniendo como óptimos valores para pH, temperatura, concentración de cianuro para la máxima eficiencia y degradación de cianuro 26 °C, 9,5 de pH y 1 500 ppm.

Mamani (2019), evaluó la caracterización y el diseño de tratamiento de los efluentes de aguas ácidas en la mina Rinconada. En la estrategia, se han realizado pruebas de neutralización de 500 ml de agua como muestra con un valor de 3,38 como pH de, y se han obtenido valores de pH de 6,5 y 8,5 como consecuencia de las pruebas de neutralización después de 5 a 10 minutos. En las conclusiones se tiene que con referencia a caracterizar los efluentes de aguas ácidas y presentaron muy bajos valores de pH que se encuentran de 2,80 a 3,38; también nos explica cómo se planificó el tratamiento de la planta piloto en las pruebas de laboratorio, con la primera etapa neutralizada hasta un pH de 6,5; cuando el Fe, el Cu y el Al se precipitaron.

Aguilar (2018), evaluó el potencial de contaminación de los metales pesados provenientes de los relaves en la zona Anta huilla. La metodología que se utilizó son las tomas de muestras de tipo estacional, en las canchas relaveras, para el muestreo de las muestras se hicieron al azar, en envases de plásticos con un peso de 1 kg, para el procedimiento analítico se utiliza el método EPA METHODO 2007 Emission Spectrometry. Se tuvo como resultado en los puntos de muestreo P1 As – 573,200; Cd – no se detectó, Cu – 15,800; Cr – 2 700; Hg – 0,086; Pb – 45,200; Zn – 67,200; en el segundo punto de muestreo P2 Ar – 21222 ppm; Hg – 531,28; Pb – 0,031 y P3 As – 1731; Hg – 557,90; Pb - < 0,030. Se concluye en que la investigación demuestra que existe metales pesados en los 3 puntos de muestreo superando los niveles máximos permisibles,



con respecto al plomo solo se encuentra en el punto número uno superando los niveles máximos permisibles.

Pari, (2017), La investigación planteó una evaluación de la contaminación de los metales pesados en el río Ananea. Método de que se utilizo es experimental. El diseño del muestreo se hace 5 puntos ubicado en la cuenca de alto Azángaro, para las muestras se utilizaron plásticos con un volumen de 500 ml, para mantener con la temperatura ambiente se hermetizo, el análisis de agua de los metales pesados se llevó al laboratorio de ciencias Farmacéuticas, para la ver la influencia de los metales se elaboró encuestas para las poblaciones aledañas posterior los datos se procederán a llevar al Excel para el análisis estadístico. Obtuvieron como resultado en la época de Avenida fueron el aluminio 41,416; arsénico 0,331; cromo 0,019; hierro 63,785; manganeso 0,743; plomo 0,03. En la época de estiaje el aluminio 96,78; arsénico 0,765; cadmio 0,014; cromo 0,067; hierro 131,9; magnesio 1,43; plomo 0,121; los máximos valores del aluminio son de 41,416 mg/l y en la venida 96,78 mg /l; con respecto en el arsénico los valores máximos son en estiaje de 0,331 mg/l y 0,765 mg/l. En conclusión, todas las muestras tomadas tienen metales pesados superando los ECA, la muestra 1 es el que tiene el nivel más alto de aluminio con un valor de 76,78 mg/l y fierro 131,90 mg/l.

2.2. MARCO TEÓRICO

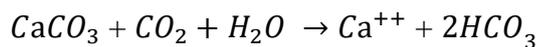
2.2.1. Aguas generadas en las actividades mineras

Estas aguas divididas en dos categorías, de acuerdo a su origen: aguas alcalinas y ácidas, a continuación, son detallados lo siguiente:



Aguas alcalinas

Estos materiales solubles en agua son el resultado de la interacción de la calcita o los materiales dolomíticos con las aguas subterráneas o superficiales. Por la presencia de ácido carboxílico en el agua, el carbonato de calcio, los oxidantes y la sílice mineral se separan, dando lugar a la reacción posterior (Núñez, 2021).



El ion bicarbonato que está presente en el agua determina la alcalinidad de los propios fluidos. Los símbolos mg/l se utilizan para medir la alcalinidad total, y para estimarla se puede utilizar la siguiente fórmula:

$$100 [(HCO_3^-) + 2(CO_3^{2-}) + (OH^-)]$$

Aunque es poco común encontrar o poseer agua alcalina, en ocasiones puede ser perjudicial, de forma similar a como lo puede ser el agua ácida, siendo los materiales abrasivos recientemente excavados los que más contaminantes aportan. Algunas aguas básicas o alcalinas poseen elevadas concentraciones de hierro los cuales cambian las características del drenaje durante el proceso de oxidación e hidratación. Estas aguas se encuentran comúnmente en las minas subterráneas que, en las minas a cielo abierto, y pueden ser extremadamente dañinas porque pueden liberar contaminantes con un alto potencial de contaminación (Núñez, 2021).

Aguas ácidas de mina

Líquido formado por sustancias orgánicas e inorgánicas que contienen azufre y que tiene una cantidad significativa de metales que contienen disulfuro. Producida por la oxidación biológica y química de los minerales que contienen



azufre, así como por la lixiviación de los metales pesados que se agrupan. Las oxidaciones naturales se producen más rápidamente porque la roca está expuesta al oxígeno y al agua, así como porque ciertos microorganismos actúan como catalizadores.

2.2.2. Las bacterias fotosintéticas

Son un conjunto de microbios autónomos que sintetizan compuestos valiosos a causa de secreciones de las raíces y los materiales orgánicos, utilizando la luz solar y el calor del suelo como recursos energéticos. Estos compuestos, que favorecen el desarrollo de las plantas, incluyen aminoácidos, ácidos nucleicos, moléculas bioactivas y azúcares (Sang y Hyun, 2009).

- *Rhodopseudomonas palustris*
- *Rhodobacter sphaeroides* (aka *R. sphaeroides*)
- *Rhodobacter capsulatus*

Mecanismo de acción: Se degradan productos químicos orgánicos e inorgánicos como H_2S , HN_3 , SO_4 , H_2S , CH_4 e hidrocarburos. Otras sustancias químicas peligrosas que deben degradarse y eliminarse son las putrescinas, las cadaverinas, los fenoles y los mercaptanos (Arbeli, 2009).

2.2.3. Descubrimiento del ácido láctico

Dicho ácido se utilizó para la conservación y fermentación de alimentos en el largo de la historia. En 1780, Scheele lo encontró por primera vez en la leche cortada y al principio pensó que era una parte de la leche. El ácido láctico fue el nombre que Lavoisier dio a esta sustancia láctea en 1789. Pasteur descubrió en



1857 que era un metabolito de la fermentación producido por ciertos microbios y no un componente de la leche. La Administración de Drogas y Alimentos (FDA) lo ha designado como GRAS (generalmente reconocido como seguro) para utilización como complemento alimentario. Uno de los ácidos más significativos que produce el BAL (bacteria ácido láctica) es éste. Es producido por una variedad de bacterias, siendo el *Lactobacillus delbrueckii* la más popular. Otros microorganismos que contribuyen a su producción son el estreptococo, el tetragenococo y el *Bifidobacterium* (Parra, 2010).

2.2.4. Desarrollo de las bacterias ácido lácticas

El principal subproducto del metabolismo fermentativo es el ácido láctico, producido por las bacterias del ácido láctico, que son bacterias Gram-positivas y no móviles (Ruiz, 2019).

Las bacterias anaeróbicas del ácido láctico crecen. Estas bacterias convierten en ácido láctico los azúcares y otros hidratos de carbono que se producen por las levaduras y las bacterias que participan en el metabolismo fotosintético. Normalmente, se emplean en la producción de productos como el yogur. No obstante, el ácido láctico es una sustancia química altamente esterilizante que evita los microbios peligrosos y acelera la descomposición de los componentes orgánicos (Ruiz, 2019).

- *Lactobacillus casei*
- *Lactobacillus plantarum*
- *Lactobacillus fermentum*
- *Lactobacillus salivarius*



- Lactobacillus delbruecki
- Lactobacillus sp

2.2.5. Proceso de la biodegradación

Es la consecuencia de la digestión, metabolización y absorción de un compuesto orgánico por parte de hongo, bacterias, protozoos y demás organismos. Cualquier sustancia generada biológicamente puede, en teoría, ser degradada biológicamente. No obstante, debido a sus propiedades químicas, muchas moléculas biológicas (lignina, celulosa, etc.) resultan difíciles de descomponer para las bacterias. Además de evitar la acumulación de compuestos tóxicos, la biodegradación es un proceso natural positivo, ya que es necesaria para el reciclaje de elementos en la biosfera, que permite la restauración de elementos esenciales en la formación y de los organismos. La descomposición podría ocurrir cuando está presente el oxígeno (aeróbica) o a falta de oxígeno (anaeróbica). La primera es la más eficiente energéticamente y libera la mayor cantidad de energía, agua y CO₂. Las reacciones anaeróbicas son oxidaciones incompletas que proporcionan poca energía (Corrales *et al.*, 2015).

2.2.6. Producción de las levaduras

Desde azúcares y aminoácidos liberados por bacterias fotosintéticas, raíces de plantas y MO, las levaduras fabrican compuestos bioactivos antibacterianos y otras moléculas útiles como hormonas y enzimas que contribuyen a impulsar la división celular para el desarrollo de las plantas (Casas, 2018).



Las levaduras suelen prevalecer en entornos ricos en azúcar, como las frutas, las flores e inclusive la corteza de los árboles. Algunas especies se utilizan para hacer pan y bebidas alcohólicas (Casas, 2018).

- Levaduras. - *Saccharomyces cerevisiae*
- Actinomicetos. - *Streptomyces albus*, *Streptomyces riseus*
- Hongos de fermentacion. - *Aspergillusoryzae*, *Mucorhiemalis*, Vinaza de uva.

2.2.7. Drenaje ácido de mina

El DAM se define comúnmente como agua que tiene un pH bajo (a menudo pH 4), elevadas concentraciones de Fe^2 y SO^4 disueltos, alta conductividad eléctrica y concentraciones significativas de metales potencialmente peligrosos, como Se, Sb, Hg, Cu, Zn, Pb, Cd, As (Mamani, 2019).

Es el agua contaminada que se produce a partir de la explotación minera, profunda o superficial, suele poseer acidez elevada, rica en sulfatos y elevado contenido de metales pesados. Debido a la elevada concentración de hierro oxidado, el drenaje ácido suele tener un color rojizo. Al momento de estar en el aire y al agua, los minerales de sulfuro se oxidan espontáneamente y forman DAR. No obstante, si las condiciones del proyecto minero exponen el material sulfurado al agua y al aire, el drenaje resultante se conoce como DAM Asesorías Técnicas Geológicas (ATG, 2021).

Mecanismos de formación de DAM

El DMA producido principalmente por la oxidación de dichos minerales, que tiene lugar como resultado de su exposición al aire, el agua, los microbios y los minerales de azufre como la pirita (FeS_2). Las actividades mineras apresuran su producción, lo que incrementa la cantidad de minerales de azufre que están expuestos al agua, al aire y a los microbios (Núñez, 2021) . Ver tabla 1

Tabla 1.

Minerales de sulfuro metálico que generan aguas acidas en minería.

Sulfuro metálico	Formula química	Sulfuro metálico	Formula química
Pirita	FeS_2	Molibdenita	MoS_2
Pirrotita	$Fe_{1-x}S$	Millerita	NiS
Calcocita	Cu_2S	Galena	PbS
Covellita	CuS	Esfalerita	ZnS
Calcopirita	$CuFeS_2$	Arsenipirita	$FeAsS$

Fuente: Núñez (2021)

2.2.8. Caracterización de los drenajes ácidos de mina

La selección y el tamaño efectivos de los componentes de trabajo que conforman el sistema de tratamiento pasivo dependen de la caracterización precisa del DAM. Una caracterización aceptable debe incluir una medición exacta y significativa del caudal, así como los consecutivos parámetros: pH in situ, pH de laboratorio, alcalinidad, alcalinidad o acidez netas (todos expresados en $CaCO_3$), así como los contenidos de Fe^{2+} , Fe total, Al, Mn, SO_4^{2-} , y conductividad. Es preferible evaluar también el Zn, Br, K, Cl, Na, Mg y Ca ya que esto proporciona un equilibrio iónico más preciso en la mayoría de las situaciones. Todas las mediciones anteriores deben mantenerse durante un año hidrológico como mínimo. año hidrológico natural (Nina, 2008).



2.2.9. Factores contribuyentes en la formación del DAM

El comportamiento de las aguas del DAM en el medio ambiente es complejo y puede considerarse como un componente de los ciclos biogeoquímicos en los que tienen lugar una serie de procedimientos biológicos, físicos y químicos, ya sean naturales o artificiales (Guayasamín, 2016). La velocidad de reacción es un factor crucial pues, si el procedimiento es prolongado, se piensa que la influencia en el medio es insignificante. Sin embargo, la cuestión se agrava cuando el medio se contamina con residuos líquidos acres producidos rápidamente.

La formación de DAM es un procedimiento que depende de tiempo y que incluye procedimientos de oxidación biológicos y químicos, así como fenómenos fisicoquímicos relacionados, como la precipitación y la encapsulación. Estos fenómenos implican el atrape de óxidos y sulfuros que no rompen sus moléculas al contacto con el agua y siguen en el drenaje, donde acaban causando desarrollo de nueva DAM al quebrar la molécula.

La formación de DAM procedimiento que depende del tiempo y en el que intervienen etapas de oxidación biológica y química, así como fenómenos físicos y químicos relacionados, como la precipitación y la encapsulación. La precipitación es la atenuación de sulfuros y óxidos, que no se descomponen al entrar en contacto con el agua y, en cambio, siguen circulando por el aire, lo que provoca la formación de nuevas DAM a medida que la molécula se descompone (Morales, 2018).



2.2.10. Efectos ambientales del DAM

Debido a la potencial liberación de elementos ácidos y tóxicos cuando se detiene la actividad minera, el Drenaje ácidos de Mina puede ser considerado como un contaminante único. Su presencia perjudica tanto a la flora y los animales como a la vida acuática (Freedman, 2015).

El mayor impacto medioambiental se produce en las masas de almacenamiento de agua dulce, también conocidas como sistemas lóticos (r). La adición de DAM a la masa de agua destruye cualquier bicarbonato existente, lo que disminuye la capacidad de la masa de agua para airear el agua y eleva el pH a niveles entre 4-5. Esto anula la capacidad de los organismos de mantener un equilibrio ácido-base adecuado, lo que reduce la variedad de especies porque se eliminan las más susceptibles (Gray, 1997).

2.2.11. Tratamientos y/o remediación de drenaje ácidos de mina

En el tratamiento y/o remediación de la DAM en el agua se utilizan una totalidad de procedimientos biológicos, físicos y químicos que cambian de forma útil ciertas propiedades del agua contaminada. El pH de las aguas ácidas es bastante bajo, tienen muchos sedimentos y muchos metales (López, 2002).

2.2.12. Prevención y control de los drenajes ácidos de mina

Para impedir o regular la formación de DAM, es necesario mantener un control sobre la acidez que se produce. Esto reducirá los costes posteriores del tratamiento y los probables impactos negativos en el ambiente. A razón de disminuir la acidez y a la prevención de la disolución de los metales actuales,

varias estrategias de control del DAM demostraron ser 100% exitosas (Guayasamín, 2016).

Como expresa Denegri y Lannacone, (2020), la inundación/sellado de las minas, el almacenamiento de los residuos mineros bajo el agua, el almacenamiento de los residuos vendidos en tierra, la mezcla de los residuos, la solidificación completa de los residuos, el uso de tensioactivos aniónicos y la microencapsulación son algunas de las técnicas más significativas utilizadas para evitar el DAM (revestimiento).

2.2.13. Remediación de los drenajes ácidos de mina

Teniendo en cuenta los inconvenientes de implantar un proceso que evite el desarrollo de DAM, además es necesario minimizar sus vertidos en los cauces de arroyos y ríos. La mayor parte de sucesos, los tratamientos pueden dividirse en tipos activos y pasivos, estos dos tipos están basados en el empleo de un material alcalino para reducir la concentración de metales pesados y neutralizar la acidez, la diferencia entre uno y otro viene determinada por la frecuencia con la que se dispone del material de alcalinidad, ya que en los sistemas con grandes caudales, como las minas abandonadas, los tratamientos pasivos son eficaces, mientras que los activos requieren la aplicación continua del material de alcalinidad, lo que encarece su funcionamiento (RoyChowdhury *et al.*, 2015).

Como señala RoyChowdhury *et al.* (2015) los Métodos Activos, Las técnicas pasivas implican la supervisión continua del sistema, la electricidad, los insumos químicos, la remoción de subproductos y otros factores. Las técnicas pasivas son las armas más interesantes para empresas mineras, sobre todo en la fase de abandono y desescombro, porque necesitan la menor participación de



personas, la manipulación poco frecuente de subproductos y la ausencia de uso de energía y reactivos químicos.

2.3. MARCO CONCEPTUAL

2.3.1. Aguas ácidas de los Rosales

La oxidación de la pirita, genera DAM que dañan el medio ambiente. El efluente es tóxico por los metales que contiene y afecta la salud humana y la vida silvestre. Se deben usar bacterias biodegradantes, como las fotosintéticas, ácido lácticas y levaduras, para limpiar el agua y prevenir su impacto en los recursos hídricos. Así, se busca disminuir el efecto del DAM en la minería y cuidar el medio ambiente y la salud humana. (Condorchem envitech, 2012).

La labor Candelaria, genera aguas ácidas por la reacción de los sulfuros metálicos, sobre todo pirita o pirrotita, con el oxígeno y las bacterias. Estas aguas tienen un pH bajo y metales disueltos que pueden dañar el medio ambiente y la salud humana y la vida silvestre. Al filtrarse por las rocas carbonatadas, se enriquecen en calcio y magnesio. La empresa SMRL Acumulación los Rosales.

2.3.2. Bacterias fotosintéticas, ácido lácticas y levaduras

Los procariontes unicelulares conocidos como bacterias están presentes prácticamente en todo el planeta. Resultan fundamentales para la salud de un ecosistema del planeta. Otros seres pueden sobrevivir a temperaturas y presiones severas (National Human Genome Research Institute, 2019).

Los biodegradantes que combinan bacterias fotosintéticas, ácido lácticas y levaduras, con beneficiosos para el medio ambiente, las bacterias fotosintéticas sintetizan sustancias orgánicas y mejoran la fotosíntesis de las plantas. Las



bacterias ácido lácticas fermentan los azúcares y acidifican el suelo, inhibiendo a los patógenos. Las levaduras producen sustancias bioactivas y mejoran el compost. Estos microorganismos trabajan en sinergia para aumentar el rendimiento y degradar.

2.3.3. Drenaje ácido de mina los Rosales

Líquido compuesto por sustancias sulfatadas en ácido con una cantidad considerable de metales disueltos siendo resultado final de la oxidación biológica y química combinada de los minerales de sulfuro y la lixiviación de metales pesados (Núñez, 2021).

La labor Candelaria, produce genera DAM los cuales tiene efectos negativos sobre el medio ambiente y la salud humana, ya que contamina los recursos hídricos, afecta la fauna marina, impide el crecimiento de las plantas y puede causar bioacumulación y biomagnificación de metales. Para prevenir y mitigar el DAM, se requieren medidas de control, como el monitoreo ambiental, el tratamiento de las aguas, el uso de bacterias biodegradantes.

2.3.4. Microorganismos

Son organismos que pueden examinarse al microscopio. Hongos, algas, bacterias y protozoos son ejemplos de microorganismos. Aunque los virus no se clasifican como seres vivos, a veces se les considera microbios (National Human Genome Research Institute, 2019).

Las bacterias ácido lácticas, fotosintéticas y las levaduras son microorganismos que se usan en la producción de alimentos y en la mejora de la



agricultura. Estos microorganismos fermentan los azúcares, sintetizan sustancias orgánicas, fijan nitrógeno, solubilizan fosfatos y producen sustancias bioactivas.

2.3.5. Temperatura de los biodegradantes

Este atributo termodinámico, que se relaciona con la cantidad de energía requerida para transformar el estado de una sustancia, sólo determina un estado macroscópico, es decir, que no está influido por las propiedades microscópicas de las moléculas que forman el sistema. Asimismo, este atributo termodinámico también regula la evapotranspiración de los suelos a la atmósfera, que es el proceso por el cual el agua cambia del estado líquido al gaseoso, tanto por la evaporación directa del suelo como por la transpiración de las plantas. (Núñez, 2021).

La biodegradación es el proceso en el que los microorganismos degradan los materiales orgánicos. La temperatura afecta la biodegradación, ya que determina la actividad y la diversidad de los microorganismos. La temperatura óptima para la biodegradación es entre 10 y 40 °C, mientras que a temperaturas extremas se inhibe o se destruye la vida microbiana. Los polímeros son materiales orgánicos que se degradan a una temperatura específica, que depende de su composición y estructura. Esta temperatura es relevante para su manejo y reciclaje, ya que si se excede se puede generar polución y toxicidad.

2.3.6. Actividad minería de los Rosales

La minería se describe como la tecnología, industria y actividad relacionados con la explotación de minas. Las minas se encuentran de manera subterránea, situados en lugares montañosos que contienen elementos ricos que



pueden ser fuente de enormes riquezas, como el plomo, el oro, el hierro, el aluminio, y otros (Castillo, 2019).

La actividad minera de los Rosales es la explotación de metales preciosos, esta actividad genera pasivos ambientales mineros, que son fuentes potenciales de contaminación por el drenaje ácido de mina (DAM), la empresa hace seguimiento ambiental para controlar y mitigar estos efectos, y también colabora con mineros artesanales que se están formalizando.

2.3.7. Parámetros fisicoquímicos

La composición física y química del agua se define por la presencia de compuestos químicos disueltos e insolubles, que pueden ser de origen natural o artificial. Ciertos procesos fisicoquímicos que ocurren en el agua pueden analizarse utilizando conceptos de equilibrio químico. Las propiedades físicas del agua, denominadas así porque pueden agitar los sentidos, tienen un impacto directo en la estética y la aceptación del agua. (Barrenechea, 2014)

Los parámetros fisicoquímicos de la mina los rosales son las propiedades que describen las aguas de la labor Candelaria, que se dividen en ácidas y neutras. Estos parámetros incluyen el pH, la conductividad, la temperatura, el oxígeno, la materia orgánica, los iones y los metales. Estos parámetros determinan la calidad y contaminación de las aguas y afectan a los microorganismos del suelo. Estos parámetros se pueden medir en el campo o en el laboratorio, con diferentes métodos.



2.3.8. Levaduras del biodegradante

Las levaduras son hongos diminutos que se multiplican por gemación y que suelen predominar en entornos con abundancia de azúcar, como las frutas, las flores e incluso la corteza de los árboles, donde se nutren de los carbohidratos presentes. Algunas especies de levaduras se emplean para elaborar pan y bebidas alcohólicas, utilizando su habilidad de fermentar los azúcares y generar dióxido de carbono y etanol. Estos productos son los causantes de hacer aumentar el volumen de la masa del pan y de otorgar el sabor y el nivel alcohólico a las bebidas. (Casas, 2018).

Las levaduras de biodegradantes son hongos microscópicos que fermentan los azúcares y degradan sustancias orgánicas contaminantes. Se usan en la industria alimentaria y biotecnológica, y también en la remediación ambiental. Algunas levaduras de biodegradantes son: *Saccharomyces cerevisiae*, *Candida tropicalis*, *Pichia pastoris*, *Yarrowia lipolytica* y *Trichosporon cutaneum*. Estas levaduras tienen propiedades funcionales, como la producción de sustancias bioactivas, la fijación de nitrógeno, la solubilización de fosfatos y la inhibición de patógenos. Estas levaduras se pueden cultivar en diferentes medios y condiciones, y se pueden modificar genéticamente para mejorar su rendimiento y adaptabilidad.



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ZONA DE ESTUDIO

3.1.1. Ubicación

El proyecto minero de Acumulación Los Rosales es un importante sitio de extracción de minerales situado en la región sur del Perú, específicamente en el distrito de Vilque, dentro de la provincia y el departamento de Puno. Para acceder a este sitio de extracción de minerales, es necesario recorrer la carretera Panamericana Sur, la cual tiene una longitud de 1 356 kilómetros desde la ciudad de Lima hasta la ciudad de Puno, y después recorrer 43 kilómetros más hasta llegar a la Planta Concentradora. Durante el trayecto, se pueden observar altitudes que varían entre los 3 400 y los 4 350 metros sobre el nivel del mar, lo que hace de este sitio un lugar muy importante para la minería en el país. Ver anexo 1

3.1.2. Acceso

En cuanto al transporte terrestre para llegar al distrito de Vilque desde la ciudad de Puno, se debe tomar la ruta que incluye las localidades de Alto Puno (Yanamayo), Totorani, Tiquillaca y finalmente Vilque, con un tiempo estimado de llegada de una hora y media. Es importante señalar que la carretera que conecta Puno con Vilque y Mañazo se encuentra en malas condiciones, lo que genera dificultades para la comunidad de Vilque y los viajeros. Por esta razón, la rehabilitación de esta carretera es fundamental para mejorar la conectividad y reducir el tiempo de viaje en unos 30 minutos, lo que sin duda beneficiará a la comunidad local y a los visitantes. Ver tabla 2

Tabla 2.

Accesibilidad a la unidad minera

Tramo	Tipo de Vía (Aéreo/Terrestre)	Condición	Distancia (Km)	Tiempo (Horas)
Lima – Juliaca	Aéreo /Asfaltado	Buena	844 km	1 hora
		Buena	1 267 km	22 horas con 35 min
Juliaca - Puno	Asfaltado	Buena	35,3 Km	53 min
Puno - Vilque	Trocha carrozable	Mal estado	34,1Km	30 min
Total				18 min

3.1.3. Delimitación del área de investigación

El proyecto minero Acumulación Los Rosales se encuentra situado en la región sur del Perú, concretamente en el distrito Vilque, provincia y departamento de Puno.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA DEL ESTUDIO

3.2.1. Población

La población es el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones (Hernández y Mendoza, 2018).

Según el inventario de PAM elaborado por el Ministerio de Energía y Minas (2022), la población identificada en el estudio de investigación es una de las 10 que están dentro del área de la concesión minera Acumulación Los Rosales con código 13007643X01, en el distrito de Vilque.



3.2.2. Muestra

La muestra es el subgrupo del universo o población del cual se recolectan los datos y que debe ser representativo de esta, si se desean generalizar los resultados (Hernández y Mendoza, 2018).

Los ensayos se realizaron con una muestra de agua ácida obtenida del pasivo ambiental minero Labor Candelaria, ubicado en la zona 19 – WGS84, con las coordenadas: este 362584, norte 8251469.

3.2.3. Muestreo

En el estudio se utilizó un muestreo no probabilístico, puesto que se seleccionó el procedimiento de acuerdo a las características y contexto de la investigación.

3.3. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.3.1. Enfoque de investigación

Cuantitativo, dado que se recolectaron datos numéricos y se aplicó el análisis estadístico con la finalidad de corroborar la hipótesis (Fernández y Baptista, 2014). El objetivo del enfoque cuantitativo es medir las variables de interés y establecer relaciones causales entre ellas, así como probar la hipótesis planteada. Este enfoque es adecuado para el tipo de investigación realizada, que busca determinar el efecto de la variable independiente sobre la variable dependiente.

Prueba de hipótesis



Para determinar el análisis estadístico de la capacidad de biodegradación de los metales pesados por la combinación de bacterias fotosintéticas, ácido láctico y levaduras, en el DAM Los Rosales ubicado en el distrito de Vilque. Se empleó el modelo estadístico T - Student de muestras relacionadas, se obtuvo un nivel de significancia de resultados. Seguidamente, se mencionan los criterios que se tomaron en consideración.

Planteamiento de la hipótesis estadística

H₀: Las bacterias fotosintéticas, ácido láctico y levaduras, no biodegradan los parámetros fisicoquímicos del DAM Los Rosales ubicado en el distrito de Vilque.

H₁: Las bacterias fotosintéticas, ácido láctico y levaduras, biodegradan los parámetros fisicoquímicos del DAM Los Rosales ubicado en el distrito de Vilque.

- Nivel de significancia

Valor de Alpha = 5 % = 0,05

Intervalo de confianza al 95%

- Prueba Estadística

La prueba “t” student de muestras relacionadas por que se realizó el análisis de la concentración de los metales antes y después de la aplicación del biodegradante.

- Criterio de decisión

Si la probabilidad obtenida p-valor ≤ 0.05 , rechace H₀ (se acepta H₁)



Si la probabilidad obtenida $p\text{-valor} > 0.05$, acepta H_0 (se rechaza H_1)

3.3.2. Tipo de investigación

Aplicada, porque se buscó la generación de conocimiento con aplicación directa a los problemas de la sociedad (Lozada, 2014). La investigación planteó una metodología de tratamiento de las aguas acidas de mina mediante la aplicación de bacterias fotosintéticas, ácido láctico y levaduras para la biodegradación del DAM.

3.3.3. Diseño de investigación

El estudio es de tipo experimental, puesto que se manipularon de forma intencional una o más variables independientes, ya que posteriormente se analizó el resultado sobre las variables dependientes en contexto de control para el investigador. (Fernández y Baptista, 2014). En la investigación se tomó la muestra de la Labor Candelaria, llevando al laboratorio de la Facultad de Ingeniería de Minas de la UNA PUNO y realizando los ensayos donde se sistematizaron los resultados, donde se determinó la biodegradación de drenaje ácido de mina con bacterias fotosintéticas, ácido láctico y levaduras, del proyecto minero Acumulación los Rosales – Vilque.

3.4. PROCEDIMIENTO

Se inició el periodo de investigación el 05 de enero del 2022, donde se tomó la muestra. El 10 de enero inicio la toma de muestra con la aplicación de los biodegradantes y culminó el 11 de febrero del 2022.



3.4.1. Determinación del potencial de hidrogeno y la concentración de metales pesados en la muestra inicial del DAM en el proyecto minero Acumulación Los Rosales – Vilque

- Toma de muestra del DAM

Se tomó la muestra de la Labor Candelaria del proyecto minero Acumulación los Rosales – Vilque bajo los siguientes protocolos:

- Al momento de tomar muestras el frasco tiene que estar limpio, para lo cual se tomó con guantes de látex sin tocar otro medio.
- Al momento de tomar las muestras en el recipiente, el agua no tiene que llenar el frasco para que posteriormente se pueda agitar.
- Se ha obtenido 1 muestra para que sean analizadas en el laboratorio de monitoreo y evaluación ambiental de la UNA PUNO.
- Además, se ha obtenido muestras mucho mayores para el desarrollo experimental.

- Preservación de muestras

Los monitoreos se hacen en su mayoría de veces en lugares alejados, al momento de transportar las muestras los resultados pueden cambiar debido a la temperatura, movimiento y otros factores. Para lo cual se utilizó un cooler que nos ayudó a preservar la temperatura ambiente del sitio de la toma de muestra hasta el laboratorio.



- **Análisis de la concentración de metales pesados**

Se analizaron los siguientes metales pesados en el laboratorio de monitoreo y evaluación ambiental de la Facultad de Ingeniería de Minas UNA PUNO. Ver tabla 3

Tabla 3.

Lista de metales pesados a evaluar

Metales pesados	Símbolo	Unidad
Arsénico	As	mg/l
Cadmio	Cd	mg/l
Cromo	Cr	mg/l
Cobre	Cu	mg/l
Hierro	Fe	mg/l
Plomo	Pb	mg/l
Zinc	Zn	mg/l

Adicional a ello también se determinó los parámetros fisicoquímicos que se evaluarán, siendo los siguientes: Ver tabla 4

Tabla 4.

Parámetros fisicoquímicos a evaluar

Parámetros	Unidad
C.E	μs/cm
PH	
Potencial de Oxidación/ reducción	(Mv)ORP
Porcentaje de saturación de oxígeno disuelto	% DO
Sólidos totales disueltos	(ppm)
Presión atmosférica	psi

3.4.2. Determinación del porcentaje de biodegradación de la concentración de los metales pesados aplicando bacterias fotosintéticas, ácido láctico y levaduras del DAM en el proyecto minero Acumulación Los Rosales – Vilque

Para la determinación de la dosis adecuada del biodegradante, para la remoción de los metales pesados; se siguió el siguiente proceso: Ver figura 1

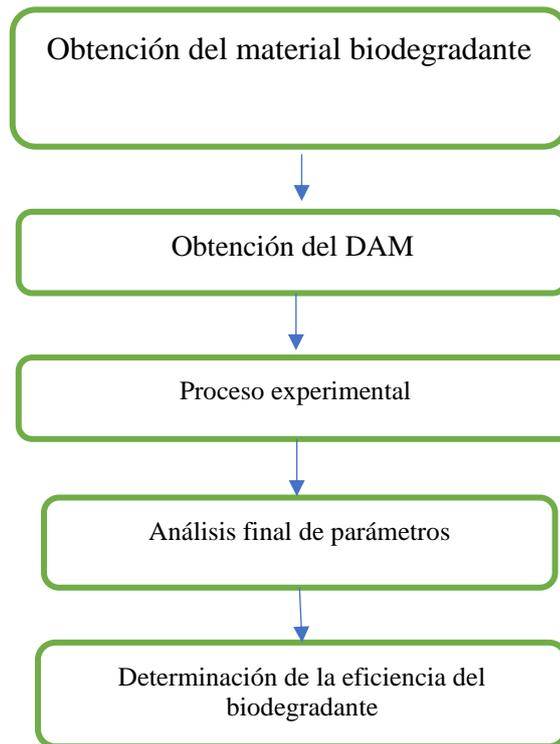


Figura 1. *Proceso de determinación de la eficiencia del biodegradante*

- **Obtención del material biodegradante**

El biodegradante fue apoyo de la empresa “Biodegradantes Orgánicos E.I.R.L”. Es una empresa integral de fortalecimiento de capacidades sostenibles con énfasis en la asistencia técnica, orientada al uso de “Biodegradantes Orgánicos o Microorganismos Benéficos” para la implementación a la ecoeficiencia, asimismo facilita las gestiones técnico-financieras para el desarrollo de los proyectos y su implementación a bajo costo. La información específicas de



biodegradante es de entera reserva de la Empresa “Biodegradantes Orgánicos E.I.R.L”.

Se midió un volumen de 20 ml del biodegradante en estado líquido y 20 mg de biodegradante en estado sólido (granular):

Además, se indica que en la cantidad de 20 mg de biodegradante existe una cantidad de 40 células de microorganismos eficaces (biodegradante); mientras que en una cantidad en estado líquido de 20 ml existe una cantidad de 20 células de microorganismos eficaces, respectivamente.

Mediante el apoyo de la empresa, brindo 3 l del biodegradante en estado líquido (3000 células de microorganismos) y 3 kg de biodegradante en estado sólido (6000 células de microorganismos). Ver anexo 2

- **Muestra de agua ácida de la Labor Candelaria**

Se ha obtenido la muestra de agua ácida del DAM Los Rosales, una cantidad de 40 litros para el desarrollo experimental.

- **Proceso experimental**

Para este proceso se detalla los biodegradantes que se utilizaron:

- **Bacterias fotosintéticas.(UFC) $10^7/cm^3$** -Rhodopseudomonas palustris, Rhodobacter sphaeroides (aka R. spheroides), Rhodobacter capsulatus, Synadenyum grantii Hook (Phorbol, Ethanolic, Bufadienolides, Amino Butyric Gamma, polifenoles, flavonoides y ácidos fenólicos) Moringa oleifera Lam.



- **Bacterias ácido lácticas. (UFC) $105/cm^3$** - Lactobacillus casei, Lactobacillus plantarum, Lactobacillus fermentum, Lactobacillus salivarius, Lactobacillus delbruecki, Lactobacillus acidophilus, Lactobacillus helveticus, Lactobacillus rhamnosus, Lactobacillus kefirifaciens, Lactobacillus brevis.
 - **Levaduras. (UFC) $106/cm^3$** . -Saccharomyces cerevisiae, Saccharomyces unisporus.
- **Aislamiento directo Acido lácticas, fotosintéticas y levaduras**

Los resultados del experimento realizado por la Empresa “Biodegradantes Orgánicos E.I.R.L.”, que se dedica a producir y comercializar productos biológicos para el tratamiento de residuos orgánicos. El objetivo del experimento era aislar bacterias que producen ácido láctico, que realizan fotosíntesis o que son levaduras, ya que estas pueden ayudar a degradar los residuos de forma natural y ecológica. Para ello, se intentó sembrar una muestra en un medio de cultivo después de diluirla varias veces con agua. Se hicieron diferentes diluciones, desde una parte de la muestra por cada 10000 partes de agua residual, hasta una parte de la muestra por cada 10 partes de agua residual. Sin embargo, ninguna de estas diluciones permitió el crecimiento de las bacterias en el medio. Luego, se hizo una prueba para ver si las bacterias tenían una enzima llamada catalasa, que les ayuda a eliminar una sustancia tóxica. Se encontró que el 80% de las bacterias tenían la enzima y el 20% no. Esto sugiere que la muestra tenía pocos microorganismos del tipo que se quería aislar, y que se necesitaban métodos más específicos para lograrlo, lo cual se concluyó que este método no era efectivo.

Bajo el criterio de la empresa, al ver que el uso de 1 parte de biodegradante por 10 partes de agua, fueron no efectivos, se realizó el criterio de 1,5 partes de biodegradante por 10 partes de agua, por lo cual, se procedió al vertimiento de agua ácida de mina en 2 baldes; usando 3 partes de biodegradante por cada 20 partes de agua ácida de mina, siendo en este caso 20 litros para cada balde, para inocular al primer balde 3 l de dosis de biodegradante en estado líquido, y para el segundo balde 3 kg de dosis de biodegradante en estado sólido (granular), además indicar que se empleó un motor pequeño, para que tenga la funcionalidad de agitar el agua conllevando a que se genere una mejor mezcla entre el DAM y el material biodegradante. Seguidamente se la dispuso a un tiempo de retención hidráulica. Ver tabla 5

Tabla 5.

Proceso experimental

Biodegradante	Dosis	Tiempo de retención hidráulica	Características a evaluar
En estado líquido	3 l	31 y 32 días para metales pesados 30 días (monitoreo cada 3 días)	Metales pesados (As, Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) Parámetros fisicoquímicos (C.E, PH, Potencial de Oxidación/Reducción, Porcentaje de saturación de oxígeno disuelto, STD, Presión atmosférica)
En estado Sólido	3 kg	31 y 32 días para metales pesados 30 días (monitoreo cada 3 días)	Metales pesados (As, Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) Parámetros fisicoquímicos (C.E, PH, Potencial de Oxidación/Reducción, Porcentaje de saturación de oxígeno disuelto, STD, Presión atmosférica)



- **Análisis final de los parámetros**

Posteriormente a los 30 días en el que estuvo en contacto el agua ácida de mina con cada biodegradante; se hizo un análisis de los parámetros fisicoquímicos cada 2 a 3 días desde el 10 de enero del 2022 al 09 de febrero del 2022. Además, se realizó el análisis de las concentraciones de metales pesados, en un primer análisis a los 31 días, en fecha 10 de febrero del 2022 y un segundo análisis a los 32 días, en fecha 11 de febrero del 2022, para evaluar la evolución de la biodegradación.

- **Determinación de la eficiencia del biodegradante**

Al obtener los resultados de las concentraciones finales de los parámetros se utilizó la siguiente fórmula para el conocimiento de la eficiencia del biodegradante.

$$E = \frac{Ci - Cf}{Ci} * 100$$

Donde:

E: Eficiencia del biodegradante (%)

C_i: Concentración inicial de parámetros

C_f: Concentración final de parámetros

3.5. VARIABLES

3.5.1. Variable independiente

Drenaje de aguas de mina



3.5.2. Variable dependiente

Capacidad de biodegradación de las bacterias fotosintéticas, ácido láctico y levaduras.

3.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.6.1. Técnicas

La técnica que se utilizó para la recopilación de datos en la presente investigación fue observacional, puesto que se efectuó un recorrido en la zona, donde se obtuvo la muestra para realizar la parte experimental. Así mismo se utilizó la técnica en generar datos haciendo un estudio bibliográfico de estudios anteriores.

3.6.2. Instrumentos

Medio para recolectar los datos que representa la oportunidad para el investigador de confrontar el trabajo conceptual y de planeación con los hechos. En este caso se detalla los instrumentos que se utilizaron:

- Ficha de recolección de resultados, para la toma de información de datos requeridos.
- Inventario de PAM - resolución ministerial N° 335-2022-MINEM/DM, para determinar el pasivo ambiental del proyecto minero los Rosales – Vilque.

3.6.3. Materiales:

Recoger, grabar o tomar fotografías de cualquier material o artefacto útil, incluidas cintas de audio, películas y fotos. A continuación, se detalla los materiales:



- Vasos precipitados: Recipiente de vidrio que se usó en el laboratorio para medir o contener el biodegradante. Tienen una forma cilíndrica y una boca ancha.
- Matraz Erlenmeyer: Recipiente de vidrio que se usó en el laboratorio para contener el biodegradante. Tiene una forma cónica y una boca estrecha. Se usó para evitar la evaporación y el derrame del biodegradante.
- Tubos de ensayo: Recipiente de vidrio que se usó en el laboratorio para contener pequeñas cantidades pequeñas del biodegradante líquido y granuloso. Tienen una forma cilíndrica y una boca redonda.
- Granilla: Es un material granular que se usó en el laboratorio para filtrar el agua ácida de mina para análisis. La granilla retiene las partículas sólidas y dejó pasar el agua ácida de mina.
- Recipientes de 20 litros: Dos recipientes de plástico que se usaron para almacenar el agua ácida de mina. Tienen una capacidad de 20 litros. Se usó para el proceso de la biodegradación del agua ácida de mina.

3.6.4. Equipos de laboratorio de monitoreo y evaluación ambiental de la Facultad de Ingeniería de Minas – Puno:

- Multiparámetro HANNA 9828: Es un instrumento portátil que se usó para medir los parámetros fisicoquímicos del agua ácido de mina, la conductividad, la temperatura, la turbidez, etc.
- Peachimetro digital modelo 3510, marca JENWAY: Es un instrumento que se usó para medir el pH de una solución, es decir, su acidez o alcalinidad.



- 2 agitadores de rotación de agua: Se encargaron de agitar o mezclar el agua ácida de mina con los biodegradantes, mediante un movimiento rotatorio. Se usan para oxigenar el agua y para mezclar el DAM (drenaje ácido de mina) con el biodegradante.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. RESULTADOS

4.1.1. Resultados de la biodegradación de drenaje ácido de mina con bacterias fotosintéticas, ácido lácticas y levaduras, del proyecto minero Acumulación los Rosales – Vilque

A continuación, se detallan los resultados de la biodegradación de drenaje ácido de mina con bacterias fotosintéticas, ácido lácticas y levaduras, del proyecto minero los Rosales – Vilque. Ver tablas 6 a 13.

Corroborados con el informe de análisis realizados en el laboratorio de monitoreo y evaluación ambiental de la Facultad de Ingeniería de Minas - Puno. Ver anexo 3

Tabla 6.
Biodegradante líquido en la remoción de metales pesados

Parámetros	Fecha	Líquido		Biodegradación (mg/l)
		Inicial (mg/l)	Final (mg/l)	
As	10/02/2022	2	1,2	0,8
	11/02/2022		1,01	0,99
Cd	10/02/2022	2,50	0,29	2,21
	11/02/2022		0,04	2,46
Cr	10/02/2022	1,80	0,01	1,79
	11/02/2022		0,02	1,78
Cu	10/02/2022	7,50	3,56	3,94
	11/02/2022		5,87	1,63
Fe	10/02/2022	117,50	63,26	54,24
	11/02/2022		72,56	44,94
Pb	10/02/2022	2,00	0,10	1,9
	11/02/2022		0,22	1,78
Zn	10/02/2022	3,00	1,56	1,44
	11/02/2022		2,16	0,84

En la tabla 6, se muestra la eficiencia del biodegradante líquido en la remoción de los metales pesados (As, Cd, Cr, Cu, Fe, Pb y Zn); arsénico 0,8 y 0.99; cadmio 2,21 y 2,46, cromo 1,79 y 1,78, cobre 3,49 y 1,63 hierro 54,24 y 2,85, plomo 1,9 y 1,78 zinc 1,44 y 0,84 evidenciando que, el biodegradante liquido es eficiente. Ver figura 2

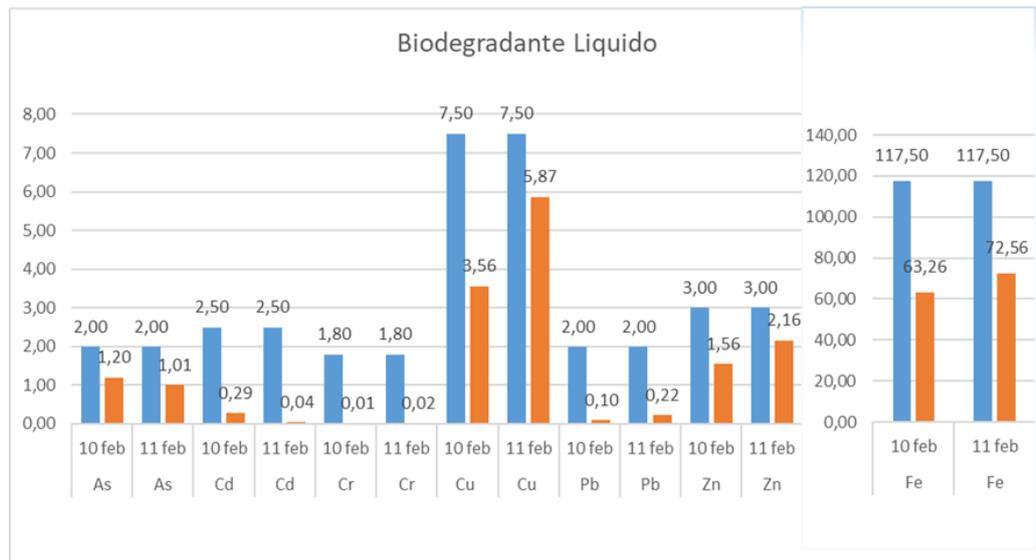


Figura 2. Concentración de metales pesados con biodegradante liquido

Tabla 7.

Biodegradante granular en la remoción de metales pesados

Parámetros	Fecha	Granulado		Biodegradación (mg/l)
		Inicial (mg/l)	Final (mg/l)	
As	10/02/2022		0,79	1,21
	11/02/2022	2,00	0,84	1,16
Cd	10/02/2022		0,09	2,41
	11/02/2022	2,50	0,11	2,39
Cr	10/02/2022		0,02	1,78
	11/02/2022	1,80	0	1,8
Cu	10/02/2022		5,18	2,32
	11/02/2022	7,50	6,39	1,11
Fe	10/02/2022		7,93	109,57
	11/02/2022	117,50	2,35	115,15
Pb	10/02/2022		0,17	1,83
	11/02/2022	2,00	0,25	1,75
Zn	10/02/2022		1,65	1,35
	11/02/2022	3,00	2,35	0,65

En la tabla 7, En este estudio se muestra la eficiencia del biodegradante granular en la remoción de metales pesados (As, Cd, Cr, Cu, Fe, Pb y Zn) presentes en el drenaje ácido de mina (DAM). Para ello, se compararon las concentraciones de estos metales antes y después del tratamiento con el biodegradante. Los resultados indicaron una eficiencia de: arsénico 1,21 y 1,16, cadmio 2,41 y 2,39, cromo 1,78 y 1,8, cobre 2,32 y 1,11, hierro 38,2, plomo 1,83 y 1,75 zinc 1,35 y 0,65. Estos valores evidenciaron que el biodegradante granulado es eficiente, puesto que se ha obtenido una disminución significativa entre el antes y después de los metales pesados. Por lo tanto, se puede afirmar que el biodegradante granulado puede ser una alternativa viable para el tratamiento del DAM y la mitigación de su impacto ambiental. Así mismo, se sugiere realizar más estudios para evaluar la efectividad del biodegradante granulado en diferentes condiciones y con diferentes tipos de DAM. Ver figura 3

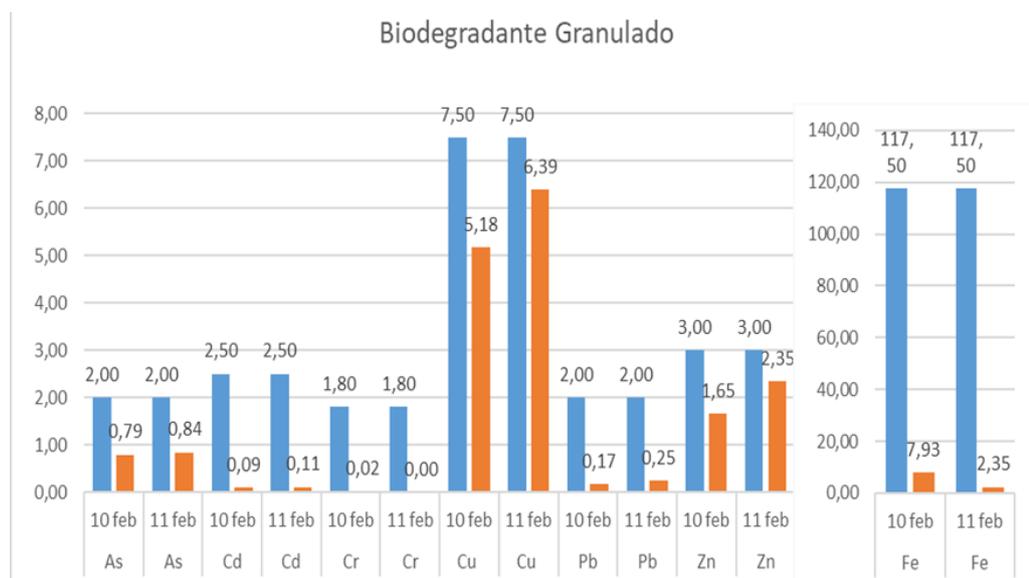


Figura 3. Concentración de metales pesados con biodegradante granulado

Tabla 8.
Biodegradante con la conductividad eléctrica

Conductividad Eléctrica					
Biodegradante	Dosis	Fecha	C. Inicial ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	C. Final ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	Biodegradación ($\mu\text{s}/\text{cm}$)
Líquido	3 l	10/01/2022	2 565	49,57	2515,43
Granulado	3 kg			215,3	2349,7
Líquido	3 l	12/01/2022	2 565	51,72	2513,28
Granulado	3 kg			213,4	2351,6
Líquido	3 l	14/01/2022	2 565	53,02	2511,98
Granulado	3 kg			214,8	2350,2
Líquido	3 l	17/01/2022	2 565	55,42	2509,58
Granulado	3 kg			217	2348
Líquido	3 l	19/01/2022	2 565	59,79	2505,21
Granulado	3 kg			216,4	2348,6
Líquido	3 l	21/01/2022	2 565	58,3	2506,7
Granulado	3 kg			221,8	2343,2
Líquido	3 l	26/01/2022	2 565	54,3	2510,7
Granulado	3 kg			198,1	2366,9
Líquido	3 l	31/01/2022	2 565	55,91	2509,09
Granulado	3 kg			182,1	2382,9
Líquido	3 l	7/02/2022	2 565	83,03	2481,97
Granulado	3 kg			251,9	2313,1
Líquido	3 l	9/02/2022	2 565	87,47	2477,53
Granulado	3 kg			223,9	2341,1

En la tabla 8, De acuerdo con los resultados, se visualiza que, con una dosis de 3 l de biodegradante líquido se ha obtenido un promedio de 2 504,147 $\mu\text{s}/\text{cm}$, mientras que, con 3 kg de biodegradante granular, presenta un promedio de 2 349,53 $\mu\text{s}/\text{cm}$. Por lo tanto, se puede inferir que el biodegradante líquido es más eficiente que el granular para reducir la conductividad eléctrica del agua. Ver figura 4

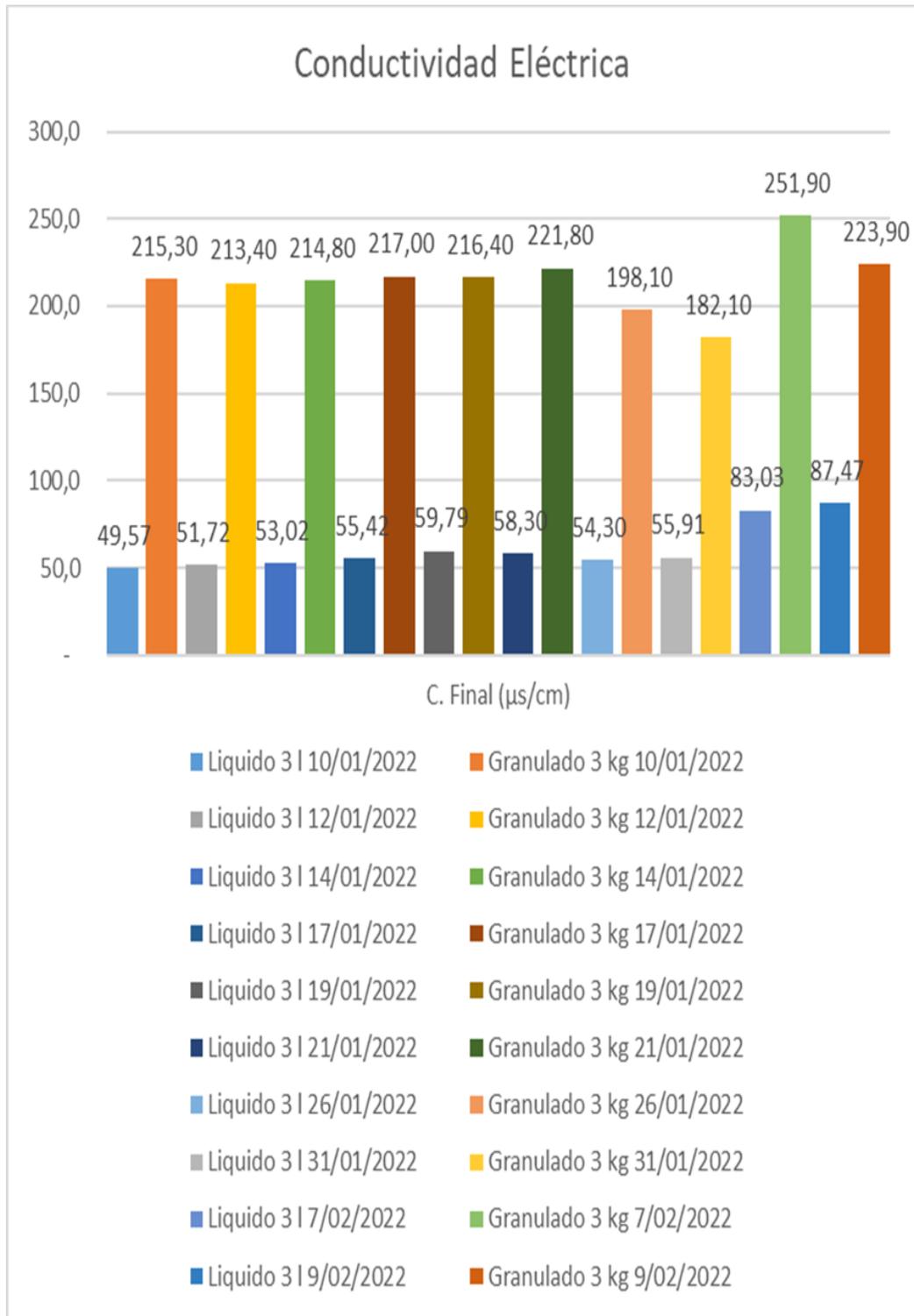


Figura 4. Comparativa de conductividad eléctrica entre biodegradante líquido y granular.

Tabla 9.*Biodegradante con el pH*

PH					
Biodegradante	Dosis	Fecha	C. Inicial	C. Final	Aumento
Líquido	3 l	10/01/2022	2,95	6,11	3,16
Granulado	3 kg			6,34	3,39
Líquido	3 l	12/01/2022	2,95	6,06	3,11
Granulado	3 kg			6,32	3,37
Líquido	3 l	14/01/2022	2,95	6,55	3,6
Granulado	3 kg			6,72	3,77
Líquido	3 l	17/01/2022	2,95	6,47	3,52
Granulado	3 kg			6,69	3,74
Líquido	3 l	19/01/2022	2,95	6,27	3,32
Granulado	3 kg			6,5	3,55
Líquido	3 l	21/01/2022	2,95	6,2	3,25
Granulado	3 kg			6,45	3,5
Líquido	3 l	26/01/2022	2,95	6,38	3,43
Granulado	3 kg			6,58	3,63
Líquido	3 l	31/01/2022	2,95	6,19	3,24
Granulado	3 kg			6,42	3,47
Líquido	3 l	7/02/2022	2,95	6,2	3,25
Granulado	3 kg			6,34	3,39
Líquido	3 l	9/02/2022	2,95	6,72	3,77
Granulado	3 kg			6,72	3,77

En la tabla 9, se muestra la eficiencia de los biodegradantes líquido y granular para mejorar el pH del agua ácida de mina. Se puede observar que, al aplicar una dosis de 3 l de biodegradante líquido, se logró un pH promedio de 6,315 en el agua tratada. Por otro lado, al aplicar una dosis de 3 kg de biodegradante granular, se alcanzó un pH promedio de 6,508 en el agua tratada. Estos valores comparados con la concentración inicial de pH del agua, que era de 2,95. Por lo tanto, se obtuvo un aumento de 3,365 puntos de pH con el

biodegradante líquido y un aumento de 3,558 puntos de pH con el biodegradante granular. Estos resultados indican que ambos biodegradantes fueron efectivos para biodegradar el agua ácida de mina y acercarla a un nivel de pH casi neutro.

Ver figura 5

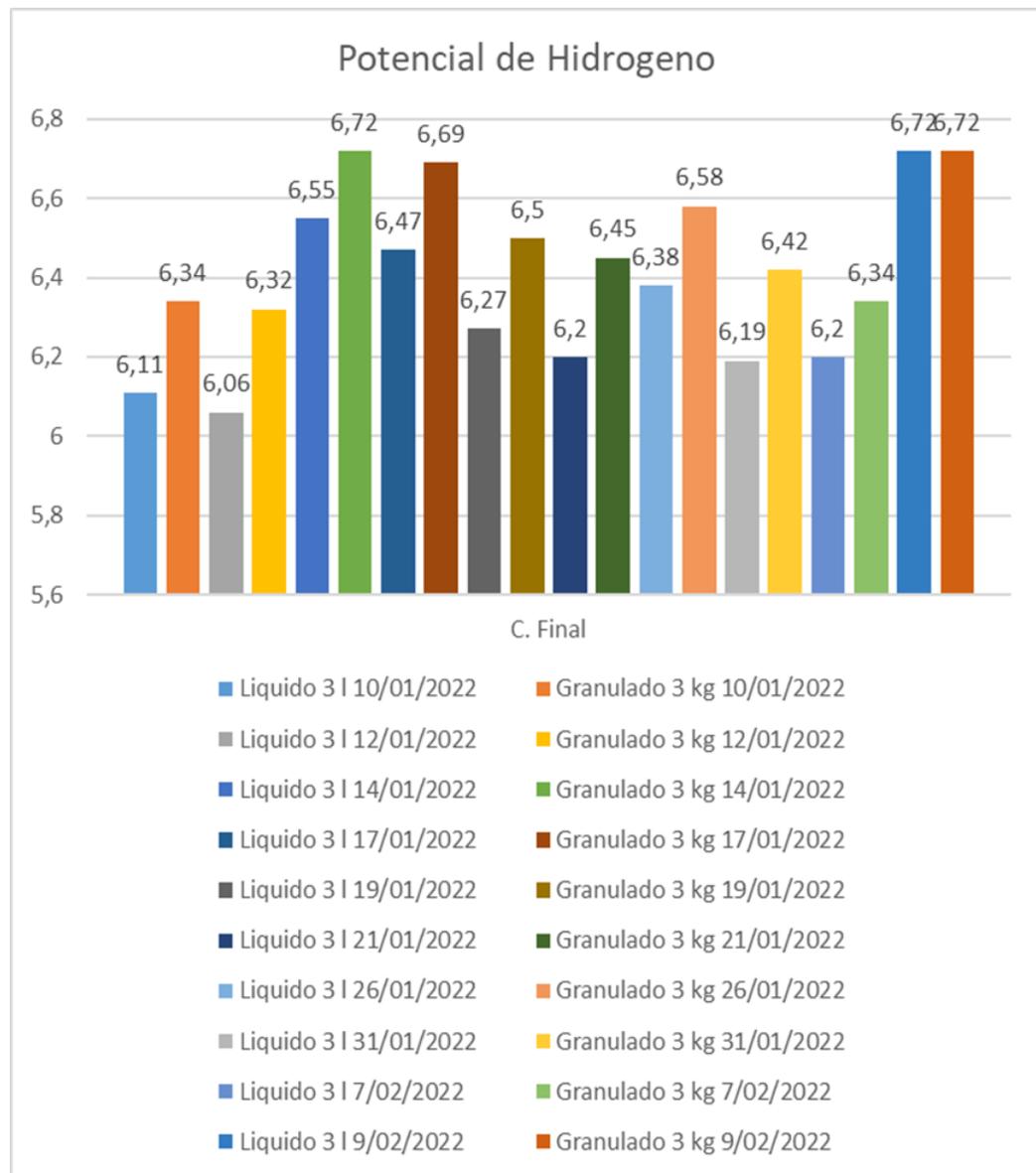


Figura 5. Comparativa de pH entre biodegradante líquido y granular.

Tabla 10.*Biodegradante con el potencial de oxidación /reducción*

Potencial Oxidación /Reducción					
Biodegradante	Dosis	Fecha	C. Inicial ((Mv)ORP)	C. Final ((Mv)ORP)	Biodegradación ((Mv)ORP)
Liquido	3 l	10/01/2022	569,2	262,5	306,7
Granulado	3 kg			302,4	266,8
Liquido	3 l	12/01/2022	569,2	246,5	322,7
Granulado	3 kg			296,5	272,7
Liquido	3 l	14/01/2022	569,2	254,9	314,3
Granulado	3 kg			292,3	276,9
Liquido	3 l	17/01/2022	569,2	256,2	313
Granulado	3 kg			284,3	284,9
Liquido	3 l	19/01/2022	569,2	255,3	313,9
Granulado	3 kg			282,5	286,7
Liquido	3 l	21/01/2022	569,2	243	326,2
Granulado	3 kg			255,3	313,9
Liquido	3 l	26/01/2022	569,2	258	311,2
Granulado	3 kg			276,6	292,6
Liquido	3 l	31/01/2022	569,2	260,6	308,6
Granulado	3 kg			283,5	285,7
Liquido	3 l	7/02/2022	569,2	260,9	308,3
Granulado	3 kg			284,2	285
Liquido	3 l	9/02/2022	569,2	258,3	310,9
Granulado	3 kg			277,4	291,8

En la tabla 10, se muestra la eficiencia de los biodegradantes líquido y granular para mejorar el potencial oxidación / reducción del agua ácida de mina. Se puede observar que, al aplicar una dosis de 3 l de biodegradante líquido, se logró un potencial oxidación / reducción promedio de 255,62 (Mv)ORP en el agua tratada. Por otro lado, al aplicar una dosis de 3 kg de biodegradante granular, se alcanzó un potencial oxidación / reducción promedio de 283,5 (Mv)ORP en el agua tratada. Estos valores comparados con la concentración inicial de potencial

oxidación / reducción del agua, que era de 569,2. Por lo tanto, se obtuvo un aumento de 313,58 (Mv)ORP con el biodegradante líquido y un aumento de 285,7 (Mv)ORP con el biodegradante granular. Estos resultados indican que ambos biodegradantes fueron efectivos para biodegradar el potencial oxidación / reducción. Ver figura 6

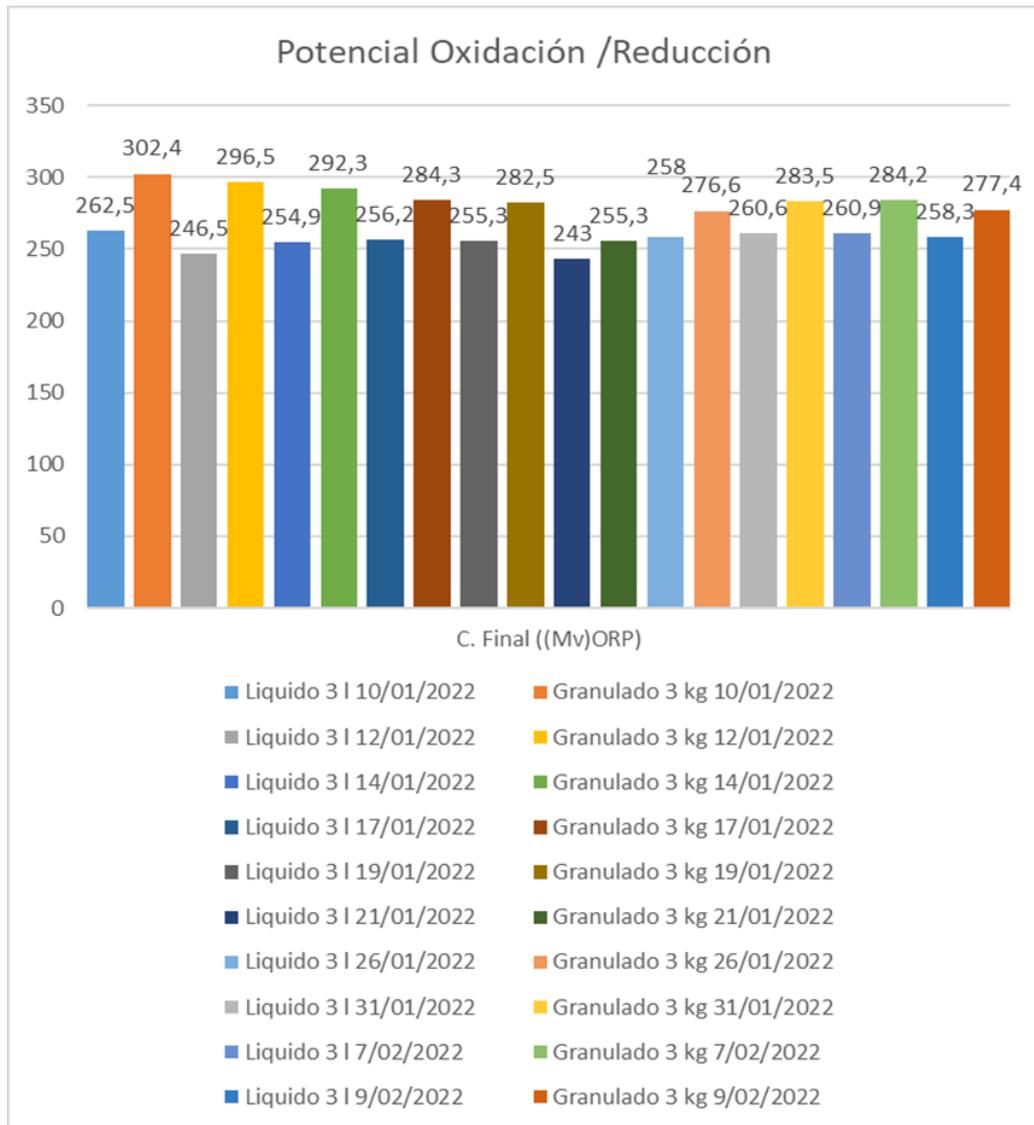


Figura 6. Comparativa de potencial oxidación / reducción entre biodegradante líquido y granular

Tabla 11.*Biodegradante con el oxígeno disuelto*

Oxígeno Disuelto					
Biodegradante	Dosis	Fecha	C. Inicial (% DO)	C. Final (% DO)	Biodegradación (% DO)
Líquido	3 l	10/01/2022	59,1	12,8	46,3
Granulado	3 kg			64,4	-5,3
Líquido	3 l	12/01/2022	59,1	41,3	17,8
Granulado	3 kg			85,1	-26
Líquido	3 l	14/01/2022	59,1	63,4	-4,3
Granulado	3 kg			57,4	1,7
Líquido	3 l	17/01/2022	59,1	57,4	1,7
Granulado	3 kg			55,8	3,3
Líquido	3 l	19/01/2022	59,1	71,2	-12,1
Granulado	3 kg			61,5	-2,4
Líquido	3 l	21/01/2022	59,1	50,2	8,9
Granulado	3 kg			33	26,1
Líquido	3 l	26/01/2022	59,1	86	-26,9
Granulado	3 kg			45,5	13,6
Líquido	3 l	31/01/2022	59,1	96,1	-37
Granulado	3 kg			73	-13,9
Líquido	3 l	7/02/2022	59,1	81,2	-22,1
Granulado	3 kg			24,7	34,4
Líquido	3 l	9/02/2022	59,1	80,4	-21,3
Granulado	3 kg			25,7	33,4

En la tabla 11, se muestra que los biodegradantes líquido y granular cambiaron el porcentaje de oxígeno disuelto del agua ácida de mina. Se puede observar que, al aplicar una dosis de 3 l de biodegradante líquido, se logró un promedio de 86 % DO en el agua tratada. Por otro lado, al aplicar una dosis de 3 kg de biodegradante granular, se logró un promedio de 53 % DO en el agua tratada. Estos valores comparados con la concentración inicial de porcentaje de oxígeno disuelto, que era de 59,1. Por lo tanto, se obtuvo un aumento de 26,9 % DO con el biodegradante líquido y una disminución de 6,1 % DO con el

biodegradante granular. Estos resultados indican que fue más efectivo el biodegradante líquido para el porcentaje de oxígeno disuelto en el agua ácida de mina. Ver figura 7

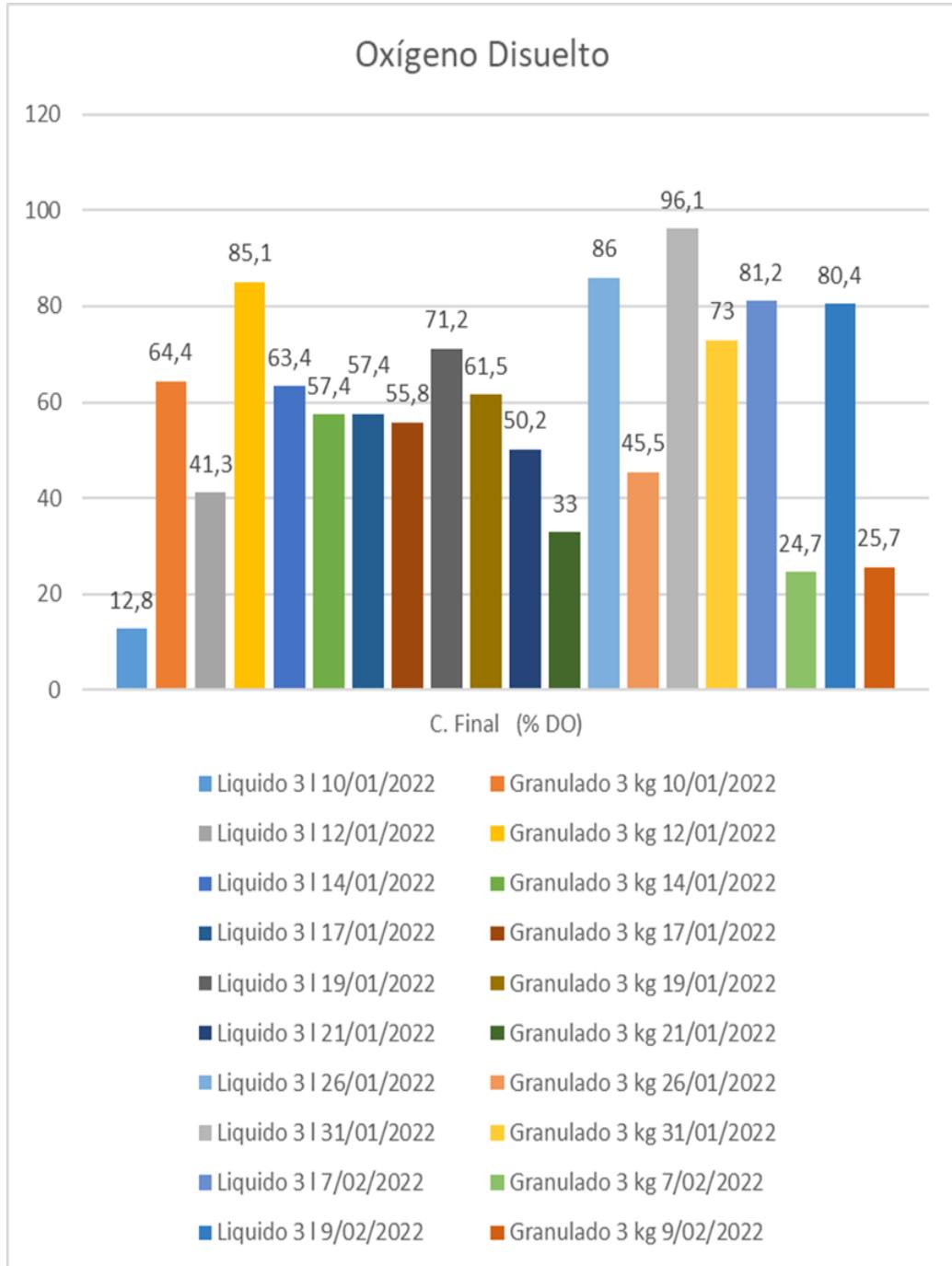


Figura 7. Comparativa de porcentaje de oxígeno disuelto entre biodegradante líquido y granular.

Tabla 12.*Biodegradante con los sólidos totales disueltos*

Sólidos Totales disueltos					
Biodegradante	Dosis	Fecha	C. Inicial (ppm)	C. Final (ppm)	Biodegradación (ppm)
Líquido	3 l	10/01/2022	1 281	24,81	1256,19
Granulado	3 kg			104,7	1176,3
Líquido	3 l	12/01/2022	1 281	25,26	1255,74
Granulado	3 kg			106,7	1174,3
Líquido	3 l	14/01/2022	1 281	26,41	1254,59
Granulado	3 kg			107,4	1173,6
Líquido	3 l	17/01/2022	1 281	27,71	1253,29
Granulado	3 kg			108,5	1172,5
Líquido	3 l	19/01/2022	1 281	29,99	1251,01
Granulado	3 kg			108,4	1172,6
Líquido	3 l	21/01/2022	1 281	29,08	1251,92
Granulado	3 kg			111	1170
Líquido	3 l	26/01/2022	1 281	27,15	1253,85
Granulado	3 kg			99,48	1181,52
Líquido	3 l	31/01/2022	1 281	27,96	1253,04
Granulado	3 kg			91,29	1189,71
Líquido	3 l	7/02/2022	1 281	41,54	1239,46
Granulado	3 kg			126,2	1154,8
Líquido	3 l	9/02/2022	1 281	43,73	1237,27
Granulado	3 kg			111,5	1169,5

En la tabla 12, se muestra la eficiencia de los biodegradantes líquido y granular para mejorar la cantidad de sólidos totales disueltos del agua ácida de mina. Se puede observar que, al aplicar una dosis de 3 l de biodegradante líquido, se logró una cantidad de sólidos totales disueltos promedio de 30,364 ppm en el agua tratada. Por otro lado, al aplicar una dosis de 3 kg de biodegradante granular, se alcanzó una cantidad de sólidos totales disueltos promedio de 107,517 ppm en el agua tratada. Estos valores comparados con la concentración inicial de sólidos totales disueltos del agua, que era de 1 281 ppm. Por lo tanto, se obtuvo una

disminución de 1250,636 ppm con el biodegradante líquido y una disminución de 1173,483 ppm con el biodegradante granular. Estos resultados indican que ambos biodegradantes fueron efectivos para biodegradar los sólidos totales disueltos. Ver figura 8

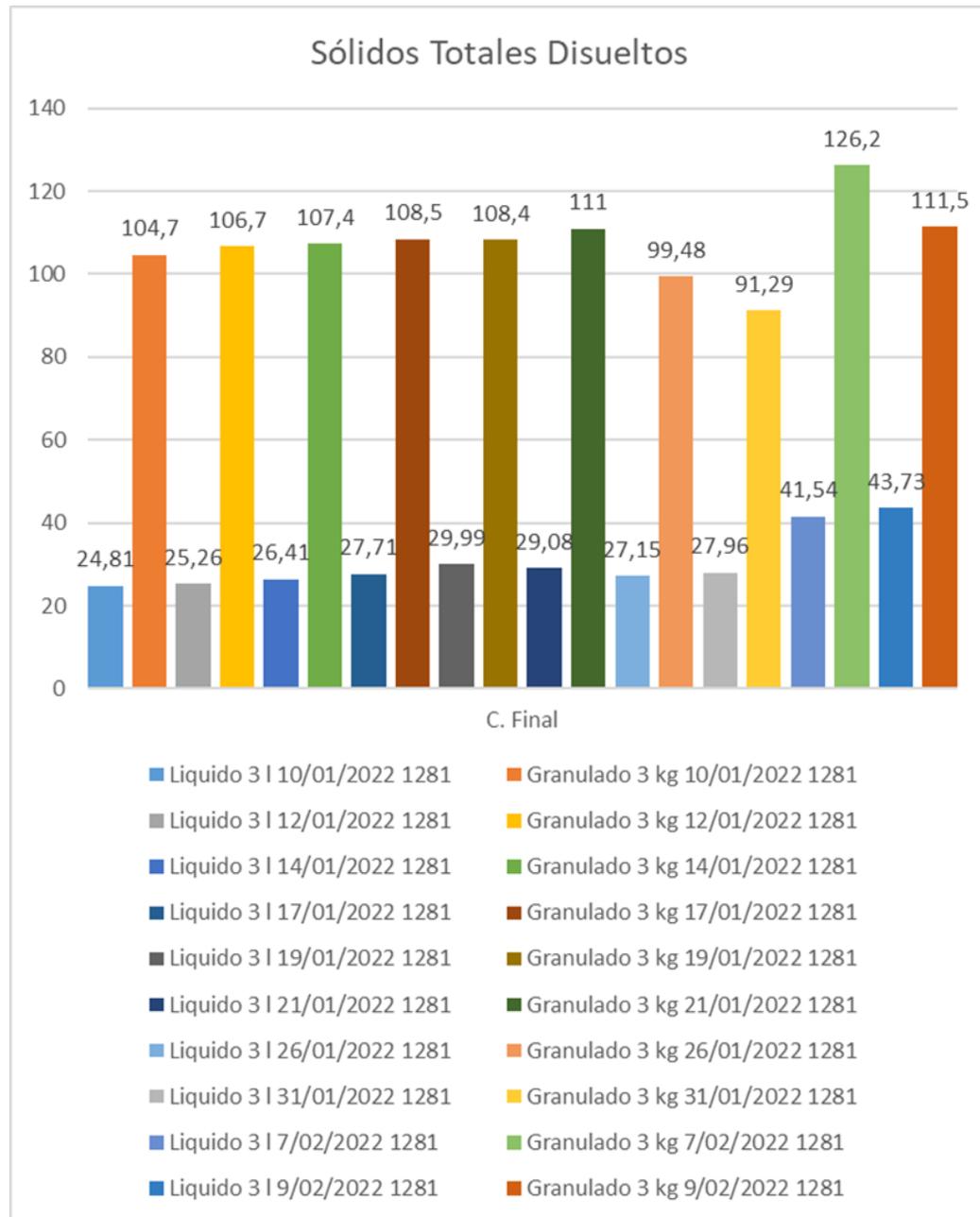


Figura 8. Comparativa de sólidos totales disueltos entre biodegradante líquido y granular.

Tabla 13.*Biodegradante con la presión atmosférica*

Presión atmosférica					
Biodegradante	Dosis	Fecha	C.Inicial (psi)	C.Final (psi)	Aumento (psi)
Líquido	3 l	10/01/20	9,277	9,22	0,614
Granulado	3 kg	22		9,223	0,582
Líquido	3 l	12/01/20	9,277	9,2	0,830
Granulado	3 kg	22		9,205	0,776
Líquido	3 l	14/01/20	9,277	9,226	0,549
Granulado	3 kg	22		9,227	0,538
Líquido	3 l	17/01/20	9,277	9,217	0,646
Granulado	3 kg	22		9,218	0,635
Líquido	3 l	19/01/20	9,277	9,23	0,506
Granulado	3 kg	22		9,252	0,269
Líquido	3 l	21/01/20	9,277	9,172	1,131
Granulado	3 kg	22		9,175	1,099
Líquido	3 l	26/01/20	9,277	9,214	0,679
Granulado	3 kg	22		9,213	0,689
Líquido	3 l	31/01/20	9,277	9,19	0,937
Granulado	3 kg	22		9,193	0,905
Líquido	3 l	7/02/202	9,277	9,21	0,722
Granulado	3 kg	2		9,225	0,560
Líquido	3 l	9/02/202	9,277	9,198	0,851
Granulado	3 kg	2		9,189	0,948

En la tabla 13, se muestra cambios de los biodegradantes líquido y granular para la presión atmosférica del agua ácida de mina. Se puede observar que, al aplicar una dosis de 3 l de biodegradante líquido, se logró una presión atmosférica promedio de 9,208 psi en el agua tratada. Por otro lado, al aplicar una dosis de 3 kg de biodegradante granular, se alcanzó una presión atmosférica promedio de 9,212 psi en el agua tratada. Estos valores comparados con la presión atmosférica

del agua, que era de 9.277 psi. Por lo tanto, se obtuvo una disminución de 0,069 psi con el biodegradante líquido y una disminución de 0,065 psi con el biodegradante granular. Estos resultados indican que ambos biodegradantes modificaron la presión atmosférica en el agua. Ver figura 9

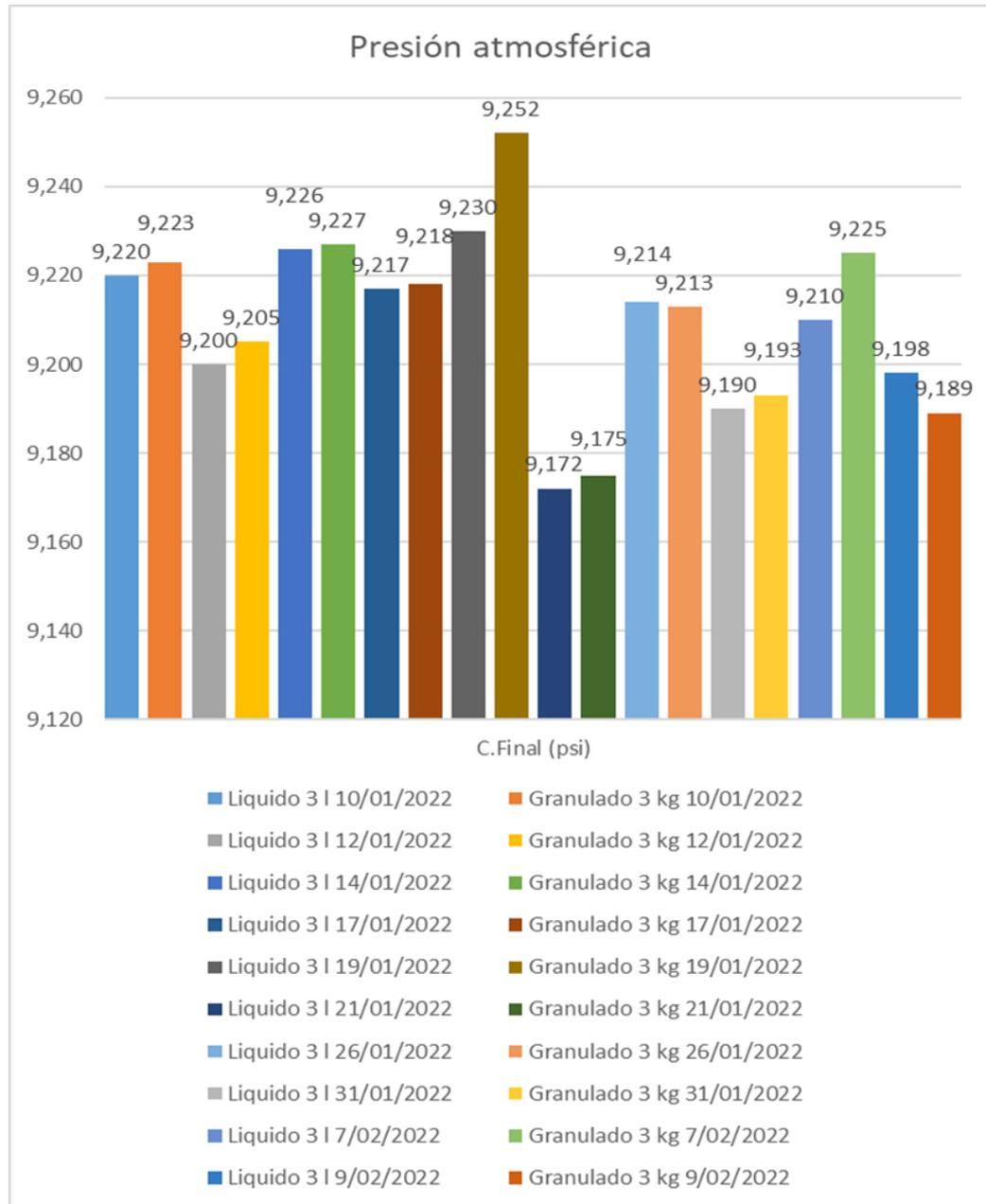


Figura 9. Comparativa de presión atmosférica entre biodegradante líquido y granular.

4.1.2. Resultados del potencial de hidrogeno y la concentración de metales pesados en la muestra inicial del DAM en el proyecto minero Acumulación Los Rosales – Vilque.

Concentración de metales pesados y potencial de hidrógeno en la muestra inicial del DAM en el proyecto minero Acumulación Los Rosales – Vilque. Ver tabla 14 y 15.

Tabla 14.

Concentración de los metales en el DAM

Metales	Unidad	Resultados
As	mg/l	2,00
Cd	mg/l	2,50
Cr	mg/l	1,80
Cu	mg/l	7,50
Fe	mg/l	117,50
Pb	mg/l	2,00
Zn	mg/l	3,00

En la tabla 14, se muestra la concentración de metales pesados en el drenaje ácido de mina antes de la aplicación de los biodegradantes.

Tabla 15.

Concentración de los parámetros fisicoquímicos del DAM, antes

Parámetros	Unidad	Resultados
C.E	μs/cm	2 565,00
PH		2,95
Potencial de Oxidación/ reducción	(Mv)ORP	569,20
Porcentaje de saturación de oxígeno disuelto	% DO	59,10
Sólidos totales disueltos	(ppm)	1 281,00
Presión atmosférica	psi	9,277

En la tabla 15, se muestra la concentración inicial de los parámetros fisicoquímicos del DAM los Rosales, antes de la aplicación de las bacterias fotosintéticas, ácido láctico y levaduras para la biodegradación.

4.1.3. Resultados del porcentaje de biodegradación de la concentración de los metales pesados aplicando bacterias fotosintéticas, ácido láctico y levaduras del DAM en el proyecto minero Acumulación Los Rosales – Vilque.

Porcentajes de la biodegradación de la concentración de los metales pesados aplicando bacterias fotosintéticas, ácido láctico y levaduras del DAM en el proyecto minero Acumulación Los Rosales – Vilque. Ver Tablas 16 al 20.

Tabla 16.

Porcentaje de biodegradación del líquido en la remoción de metales pesados

Parámetros	Fecha	Líquido		Biodegradación %
		Inicial (mg/l)	Final (mg/l)	
As	10/02/2022	2,00	1,20	40,00%
	11/02/2022		1,01	49,50%
Cd	10/02/2022	2,50	0,29	88,40%
	11/02/2022		0,04	98,40%
Cr	10/02/2022	1,80	0,01	99,44%
	11/02/2022		0,02	98,89%
Cu	10/02/2022	7,50	3,56	52,53%
	11/02/2022		5,87	21,73%
Fe	10/02/2022	117,50	63,26	46,16%
	11/02/2022		72,56	38,25%
Pb	10/02/2022	2,00	0,10	95,00%
	11/02/2022		0,22	89,00%
Zn	10/02/2022	3,00	1,56	48,00%
	11/02/2022		2,16	28,00%

En la tabla 16, se muestra el porcentaje de biodegradación del líquido en la remoción de los metales pesados (As, Cd, Cr, Cu, Fe, Pb y Zn); indicando una eficiencia de: Arsénico 49,00 %; Cadmio 98,40 %; Cromo 99,44 %; Cobre 52,53 %; Hierro 46,16 %; Plomo 95,00 %; Zinc 48,00 %. Estos resultados evidencian

que el biodegradante líquido es eficiente, puesto que se ha obtenido una disminución significativa entre el antes y después de los metales pesados. Además, se puede observar que el biodegradante líquido fue especialmente efectivo para remover el cromo y el cadmio, alcanzando porcentajes de remoción superiores al 98%. Por otro lado, se puede apreciar que el biodegradante líquido tuvo una menor eficiencia para remover el arsénico y el zinc, con porcentajes de remoción inferiores al 50%. Estas diferencias podrían deberse a las propiedades químicas de cada metal y a su interacción con el biodegradante líquido.

Tabla 17.

Porcentaje de biodegradación granular en la remoción de metales pesados

Granulado				
Parámetros	Fecha	Inicial (mg/l)	Final (mg/l)	Biodegradación %
As	10/02/2022	2,00	0,79	60,50%
	11/02/2022		0,84	58,00%
Cd	10/02/2022	2,50	0,09	96,40%
	11/02/2022		0,11	95,60%
Cr	10/02/2022	1,80	0,02	98,89%
	11/02/2022		0,00	100,00%
Cu	10/02/2022	7,50	5,18	30,93%
	11/02/2022		6,39	14,80%
Fe	10/02/2022	117,50	7,93	93,28%
	11/02/2022		2,35	98,00%
Pb	10/02/2022	2,00	0,17	91,50%
	11/02/2022		0,25	87,50%
Zn	10/02/2022	3,00	1,65	45,00%
	11/02/2022		2,35	21,67%

En la tabla 17, El biodegradante granulado removió metales pesados (As, Cd, Cr, Cu, Fe, Pb y Zn) del agua contaminada con diferentes eficiencias. El

cromo se eliminó totalmente (100%), mientras que el cobre y el zinc se redujeron poco (menos del 50%). Los demás metales se disminuyeron entre el 60% y el 98%. Estos resultados muestran que el biodegradante granulado es eficiente y que su efectividad depende del tipo de metal.

4.1.4. Prueba de hipótesis

4.1.4.1. Biodegradante granulado

Tabla 18.

Estadística descriptiva del análisis con biodegradante granulado

Estadísticas de muestras emparejadas				
	Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
pH Inicial	2,9500	2	,00000	,00000
pH Final	6,1150	2	,00707	,00500
Arsénico Inicial	2,0000	2	,00000	,00000
Arsénico Final	,8150	2	,03536	,02500
Cadmio Inicial	2,5000	2	,00000	,00000
Cadmio Final	,1000	2	,01414	,01000
Cromo Inicial	1,8000	2	,00000	,00000
Cromo Final	,0100	2	,01414	,01000
Cobre Inicial	7,5000	2	,00000	,00000
Cobre Final	5,7850	2	,85560	,60500
Hierro Inicial	117,5000	2	,00000	,00000
Hierro Final	40,8250	2	54,41187	38,47500
Plomo Inicial	2,0000	2	,00000	,00000
Plomo Final	,2100	2	,05657	,04000
Zinc Inicial	3,0000	2	,00000	,00000
Zinc Final	2,0000	2	,49497	,35000

En la tabla 18, se indica la estadística descriptiva de la concentración de los parámetros fisicoquímicos con la aplicación del biodegradante granulado.

Tabla 19.

Prueba de muestras emparejadas con biodegradante granulado

Parámetros	Diferencias emparejadas		t	gl	Sig. (bilateral)
	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
	Inferior	Superior			
1 pH Inicial – pH Final	-3,22853	-3,10147	-633,00	1	,001
2 Arsénico Inicial – Arsénico Final	,86734	1,50266	47,40	1	,013
3 Cadmio Inicial – Cadmio final	2,27294	2,52706	240,00	1	,003
4 Cromo Inicial – Cromo Final	1,66294	1,91706	179,00	1	,004
5 Cobre Inicial – Cobre Final	-5,97225	9,40225	2,835	1	,021
6 Hierro Inicial – Hierro Final	-412,1962	565,5462	1,993	1	,029
7 Plomo Inicial – Plomo Final	1,28175	2,29825	44,750	1	,014
8 Zinc Inicial – Zinc Final	-3,44717	5,44717	2,857	1	,021

En la tabla 19, se muestra el p-valor de los resultados con el biodegradante granulado, esto comparado con el valor alfa 0,05, es menor. Entonces se acepta la hipótesis **H1**: Las bacterias fotosintéticas, ácido láctico y levaduras, favorecen en la biodegradación del DAM en el proyecto minero Acumulación Los Rosales - Vilque; todo ello en acuerdo a los resultados obtenidos, se observa que, existió una biodegradación de los metales pesados del DAM Los Rosales entre el antes y después siendo diferentes, de las cuales se puede evidenciar que existe una diferencia significativa.

4.1.4.2. Biodegradable líquido

Tabla 20.

Estadística descriptiva del análisis con biodegradable líquido

Parámetros	Estadísticas de muestras emparejadas			
	Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
pH Inicial	2,9500	2	,00000	,00000
pH Final	6,3450	2	,00707	,00500
Arsénico Inicial	2,0000	2	,00000	,00000
Arsénico Final	1,1050	2	,13435	,09500
Cadmio Inicial	2,5000	2	,00000	,00000
Cadmio Final	,1650	2	,17678	,12500
Cromo Inicial	1,8000	2	,00000	,00000
Cromo Final	,0150	2	,00707	,00500
Cobre Inicial	7,5000	2	,00000	,00000
Cobre Final	4,7150	2	1,63342	1,15500
Hierro Inicial	117,5000	2	,00000	,00000
Hierro Final	88,9550	2	36,33822	25,69500
Plomo Inicial	2,0000	2	,00000	,00000
Plomo Final	,1600	2	,08485	,06000
Zinc Inicial	3,0000	2	,00000	,00000
Zinc Final	1,8600	2	,42426	,30000

En la tabla 20, se presenta la estadística descriptiva de la concentración de los parámetros con la aplicación del biodegradable líquido. En esta tabla se puede observar el valor mínimo, máximo, promedio y desviación estándar de cada parámetro antes y después del tratamiento. De esta manera, se puede apreciar el efecto del biodegradable líquido sobre la calidad del agua. Así, se puede evaluar el grado de contaminación del agua y la eficiencia del biodegradable líquido para mejorar sus parámetros.

Tabla 21.

Prueba de muestras emparejadas con biodegradante líquido

		Diferencias emparejadas		t	gl	Sig. (bilateral)
		95% de intervalo de confianza de la diferencia				
		Inferior	Superior			
1	pH Inicial – pH Final	-3,45853	-3,33147	-679,0	1	,001
2	Arsénico Inicial – Arsénico Final	-,31209	2,10209	9,421	1	,006
3	Cadmio Inicial – Cadmio Final	,74672	3,92328	18,680	1	,034
4	Cromo Inicial – Cromo Final	1,72147	1,84853	357,00	1	,002
5	Cobre Inicial – Cobre Final	-11,89067	17,46067	2,411	1	,025
6	Hierro Inicial – Hierro Final	-297,9409	355,0309	1,111	1	,046
7	Plomo Inicial – Plomo Final	1,07763	2,60237	30,667	1	,021
8	Zinc Inicial – Zinc Final	-2,67186	4,95186	3,800	1	,016

En la tabla 21, se indica el p-valor de los resultados con el biodegradante líquido; esto en comparación con el valor alfa 0,05, es menor. Entonces se acepta la hipótesis alterna **H1**: Las bacterias fotosintéticas, ácido láctico y levaduras, favorecen en la biodegradación del DAM en el proyecto minero Acumulación Los Rosales - Vilque; con relación a los resultados que se obtuvieron, se observa que, existió una biodegradación de los metales pesados del DAM Los Rosales entre el antes y después, de las cuales se puede evidenciar que existe una diferencia significativa.

4.2. DISCUSIONES

4.2.1. Discusión de la biodegradación de drenaje ácido de mina con bacterias fotosintéticas, ácido lácticas y levaduras, del proyecto minero Acumulación los Rosales – Vilque

Con relación al objetivo general, en este estudio se evaluó la capacidad de un biodegradante líquido conformado por bacterias fotosintéticas, ácido lácticas y levaduras, para remover plomo y cadmio del agua ácida de mina. Los resultados mostraron que el biodegradante líquido fue muy efectivo al aplicar una dosis de 3 litros de biodegradante líquido por cada 20 litros de agua ácida, se logró reducir la concentración inicial de 2,00 mg/l de plomo a 0,1 mg/l y la concentración inicial de 2,5 mg/l de cadmio a 0,04 mg/l, después de un tiempo de contacto de 24 horas. Al comparar estos resultados con los obtenidos por Sun *et al.* (2020), que utilizaron levaduras aisladas de suelos contaminados como biosorbentes, reduciendo la concentración inicial de 100 mg/l de plomo a menos de 4 mg/l y la concentración inicial de 50 mg/l de cadmio a menos de 3 mg/l, por lo cual se observó que el biodegradante líquido redujo el plomo y el cadmio en un 95% y un 98,4%, respectivamente, las levaduras lo hicieron en un 96% y un 94%, lo cual indica resultados similares.

En el resultado de la capacidad del biodegradante granulado para remover cromo del agua ácida de mina. Los resultados mostraron que el biodegradante granulado fue capaz de reducir la concentración inicial de 1,8 mg/l de cromo a 0 mg/l. Al comparar estos resultados con los obtenidos por Ahemad (2019), que utilizó bacterias ácido lácticas obtenidas de residuos agrícolas como biosorbentes, logrando reducir la concentración inicial de 100 mg/l a 3,3 mg/l, por lo cual se



observó que el biodegradante granulado mostró una mayor capacidad de remoción de cromo, esto puede deberse a que el autor investigo en una variación de cromo más nocivo y difícil de biodegradar la cual es el cromo hexavalente. Los mecanismos de remoción de cromo por el biodegradante granulado son la biosorción y la bioacumulación, de igual forma a las bacterias ácido lácticas descritas por el autor. El autor Duque (2016), obtuvo las concentraciones de los metales fueron de: arsénico 232 mg/l; cadmio 0,54 mg/l; hierro 6996 mg/l; plomo 22 mg/l; usando un 3 tipos de bacterias de géneros *Pseudomonas*, *Vidrio* y *Pasteurella*, en comparación con la aplicación del biodegradante líquido fue de: arsénico 0,8 y 0,99; cadmio 2,21 y 2,46; hierro 54,24 y 2,85; plomo 1,9; y de biodegradante granulado fue de: arsénico 1,21 y 1,16, cadmio 2,41 y 2,39; hierro 38,2, plomo 1,83 y 1,75; lo cual se demuestra que los biodegradantes son mejores en la biodegradación del arsénico, hierro y plomo; en contrario al cadmio.

4.2.2. Discusión del potencial de hidrogeno y la concentración de metales pesados en la muestra inicial del DAM en el proyecto minero Acumulación Los Rosales – Vilque.

Con relación al primer objetivo específico, se utilizó biodegradantes líquido y granular para mejorar el pH del agua ácida de mina. Se puede observar que, al aplicar una dosis de 3 l de biodegradante líquido, se logró un pH promedio de 6,315 en el agua tratada. Por otro lado, al aplicar una dosis de 3 kg de biodegradante granular, se alcanzó un pH promedio de 6,508 en el agua tratada. Estos valores comparados con la concentración inicial de pH del agua, que era de 2,95; se obtuvo un aumento de 3,365 puntos de pH con el biodegradante líquido y un aumento de 3,558 puntos de pH con el biodegradante granular. Estos resultados indican que ambos biodegradantes fueron efectivos para biodegradar el



agua ácida de mina y acercarla a un nivel de pH casi neutro, los resultados obtenidos son diferentes comparados con Diaz (2013), sobre las características del DAM de la Mina Cascabel situada en el Municipio de Marmato Caldas, pH en el drenaje ácido de agua de la mina mostraron caracteres ácidos con valores que oscilaban entre 3 y 4, sólidos suspendidos 3,30 – 4,50; sólidos disueltos 1710,0 – 1636,7 donde no es apropiado para la naturaleza debido a que podría afectar los procesos biológicos y químicos naturales que se producen, que dan lugar a efectos negativos como el deterioro del ecosistema y la contaminación del agua. Al igual que el anterior autor, los resultados de Mamani (2018), son diferentes, el cual evaluó las características y el diseño de tratamiento de los efluentes de aguas ácidas en la mina Rinconada. Se obtuvo un pH de 6,5 a 8,5 en 05 a 10 minutos. En los hallazgos, se tiene que la caracterización de los efluentes de agua ácida, que tienen valores de pH muy bajos que van de 2,80 a 3,38.

En comparación con el autor Meza (2018), en la etapa 2 de su proyecto, se esperaba mostrar que el ph cambie a 4,5 hasta 3,5 en pH, comparados con los resultados obtenidos, se muestra que los biodegradantes fueron mas eficientes, con respecto a la conductividad electrica, el autor obtuvo 0,63 y 0,50 $\mu\text{S}/\text{cm}$ mientras que el valor minimo obtenido por el biodegradante liquido fue de 49,57 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y el valor minimo por el biodegradante granulado fue de 182,10 $\mu\text{S}/\text{cm}$, por otro lado Azcona (2022), quien también utilizo el método de biorremediación, en la cual su investigación inicia con un pH de 3,61, luego del tratamiento de biorremediación durante 76 días llego a un pH casi neutro con un valor de 6,09. Otro resultado similar es de Pardavé *et al.* (2022), y Castillo (2022). Después de la medion de Ph de los 5 filtros, el pH en el punto efluente tiene un valor de 6.4 y en las 30 muestras el pH es casi neutro contrastando con los resultado obtenidos.



Según la investigación de Trujillo, J. (2022), como resultado en el monitoreo del agua con Hierro con respecto al pH iniciando con un valor de 2,50 después de añadir NaOH llega un pH 8,40; mientras que el autor Palma (2018), realizó la evaluación de un biorreactor pasivo empleando bacterias sulfato reductoras los cuales presentaban un pH medio inicial de 3,6. Los resultados presentaron pH más altos a la salida del biorreactor pasivo con un promedio de 5,86; 5,59 y 6,09; respectivamente, comparando con los resultados obtenidos se muestra que el uso de los biodegradantes tanto líquido como granulado fueron sustancialmente mejores. En cuanto Aguilar (2018), en su resultado obtuvo en los puntos de muestreo PMS1 As – 573,200; Cd – no se detectó, Cu – 15,800; Cr – 2700; Hg – 0,086; Pb – 45,200; Zn – 67,200; en el segundo punto de muestreo, PMS2 Ar – 21222 ppm, Hg – 531,28; Pb – 0,031 y el tercer punto PMS3 As – 1731; Hg – 557,90; Pb - < 0,030. mostrando que el autor comprueba que también existe presencia de metales pesados elevados.

4.2.3. Discusión del porcentaje de biodegradación de la concentración de los metales pesados aplicando bacterias fotosintéticas, ácido láctico y levaduras del DAM en el proyecto minero Acumulación Los Rosales – Vilque.

Con relación al segundo objetivo específico, en la presente investigación en donde se utilizó la biodegradación del líquido en la remoción de los metales pesados (As, Cd, Cr, Cu, Fe, Pb y Zn); indicando una eficiencia de porcentajes: Arsénico 49,00 %; Cadmio 98,40 %; Cromo 99,44 %; Cobre 52,53 %; Hierro 46,16 %; Plomo 95,00 %; Zinc 48,00%, los porcentajes que se obtuvieron fueron favorables en la remoción de metales pesados. Al igual que el estudio realizado por Coaquira (2014), quien utilizó biodegradante de *Pseudomonas fluorescens* para la biodegradación de cianuro en relaves mineros cianurados, demostrando



que, el biodegradante presentan una máxima eficiencia y mejor tasa de degradación de cianuro con un 96,67 % y 17,57 %. El estudio realizado por Escobar (2015) Se tomaron muestras 3 veces en 7 días. Los resultados que obtuvo en la remoción de metales Fe, Zn y Mn fue de 99,41 % sin embargo para el método TRH bajo a un 86%, para el método DAM tuvo un 80 % de remoción por lo cual se corrobora que la utilización de biodegradantes son mejores en otros metales y que no son tan eficientes en la bioremediación del hierro y zinc. De acuerdo con la investigación de Pari (2017), se analizaron los metales pesados que se encuentran en Ananea producto de la minería, obteniendo las concentraciones más altas en Al 96,78 mg/l y Fe 131,90 mg/l. Por lo tanto, se requiere un tratamiento adecuado para la remoción de estos metales del agua contaminada. En este sentido, con los resultados de la presente investigación se puede recomendar el uso del biodegradante líquido o granulado para la remoción del Al y Fe en Ananea, ya que se demostró que ambos biodegradantes fueron capaces de reducir las concentraciones de estos metales a valores inferiores a los límites máximos permisibles. Así, se podría contribuir a mejorar la calidad del agua y a proteger la salud de la población y el medio ambiente.



V. CONCLUSIONES

- Se obtuvo que los biodegradantes fueron favorables en la remoción de Arsénico, Cadmio, Cromo, Cobre, Hierro, Plomo, Zinc; mientras que, para pH aumento, llegando a obtener un pH promedio de 6,315 en el agua tratada con biodegradante líquido y un pH promedio de 6,508 con biodegradante granular; es decir que, se obtuvo una diferencia significativa entre el antes y después de la aplicación del biodegradante líquido y granular en las aguas.
- Las concentraciones de los metales pesados en el DAM antes de la aplicación de los biodegradantes son: arsénico 2 mg/l; cadmio 2,50 mg/l.; cromo 1,80 mg/l; cobre 7,50 mg/l; hierro 117,50 mg/l; plomo 2 mg/l; zinc 3 mg/l y el valor del pH es 2,45.
- El porcentaje de la biodegradación de la concentración de los metales pesados aplicando bacterias fotosintéticas, ácido láctico y levaduras del DAM en el proyecto minero Acumulación Los Rosales – Vilque, a una dosis de 3 l de biodegradante líquido, reduce: arsénico 49,50 %, cadmio 98,40 %; cromo 99,44 %; cobre 52,53 %; hierro 46,16 %; plomo 95%; zinc 48%; mientras que, con 3 kg de biodegradante granular reduce: arsénico 60,50%; cadmio 96,40%; cromo 100%; cobre 30,93 %; hierro 98 %; plomo 91,50 %; zinc 45 %; indicando que los biodegradantes líquidos y granular fueron óptimos para las dosis propuestas.



VI. RECOMENDACIONES

- Incluir otros biodegradantes para la remoción de metales pesados y comparar con el biodegradante en estudio.
- Comparar con otras dosis superiores e inferiores a 3 l de biodegradante líquido, para la verificación de la eficiencia.
- Comparar con otras dosis superiores e inferiores a 3 kg de biodegradante granular, para la verificación de la eficiencia.
- Continuar con nuevas investigaciones cambiando algunos parámetros como la temperatura y diferentes dosis.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, L. (2018). *Evaluación de los metales pesados en los relaves de cianuración para determinar el riesgo ambiental de la zona de Antahuila Rinconada - Puno*. Perú: Repositorio Institucional - UNA. <https://1library.co/document/zwvmmk1q-evaluacion-metales-pesados-cianuracion-determinar-ambiental-antahuila-rinconada.html>
- Ahemad, M. (2019). Removal of hexavalent chromium from aqueous solution using lactic acid bacteria isolated from agricultural waste. Egipto: *Egyptian Journal of Aquatic Research*, 45(1), 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.ejar.2018.12.001>
- Arbeli, Z. (2009). Biodegradación de compuestos orgánicos persistentes (COP): I. el caso de los bifenilopoliclorados (PCB). Colombia: *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 28(4), 265-282. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/235350685_biodegradacion_de_compuestos_organicospersistentes_cop_i_el_caso_de_los_bifenilopoliclorados_pcb
- Asesorías Técnicas Geológicas. (2021). *Estandarizar los procesos relacionados con drenajes ácidos mineros (dam)* [PDF]. Bogotá, Colombia: recuperado de <https://www.minenergia.gov.co/documents/7133/drenajes-acidos-minero-mme-2022.pdf>
- Azcona, H. (2022). *Estudio comparativo de métodos de remediación de pasivos ambientales mineros en el Perú, Trujillo*. Perú: Tesis, Universidad Privada del Norte <https://orcid.org/0000-0002-8348-8624>
- Barrenechea, A. (2014). *Capítulo 1 Aspectos fisicoquímicos de la calidad del agua*. En: *Manual de Operación y Mantenimiento de Plantas de Tratamiento de Agua Potable*. Lima: Ministerio de Salud del Perú. <http://www.ingenieroambiental.com/4014/uno.pdf>



- Casas, S. (2018). *Saccharomyces cerevisiae* y *Aspergillus oryzae*: estimuladores y modificadores de la fermentación y crecimiento microbiano ruminal. Cuba: *Artículo de revisión. Revista de Producción Animal*, 30(2), 1–8.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-79202018000200001&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Castillo, A. (2019). *Impacto socioeconómico ambiental de la minería ilegal e informal y estrategias legales viables para su formalización en Madre de Dios*. Lima: Tesis doctoral, Universidad Nacional Federico Villareal.
https://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13084/3541/unfv_castillo_neyra_alberto_edgardo_doctorado_2019.pdf?sequence=1&isallowed=y
- Coaquira, J. (2014). *Evaluación de parámetros físico-químicos para una eficiente biodegradación de cianuro en relaves cianurados por Pseudomonas fluorescens en un biorreactor aireado*. Tacna Perú: Tesis, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann- Tacna. <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/1903>
- Condorchem envitech. (2012). *Tratamiento de aguas ácidas en minería*. España: Condorchem Envitech. <https://condorchem.com/es/blog/tratamiento-de-aguas-acidas-en-mineria/>
- Corrales, L., Antolinez, D., y Bohórquez, J. (2015). *Bacterias anaerobias: procesos que realizan y contribuyen a la sostenibilidad de la vida en el planeta*. Bogotá, Colombia: ResearchGate.
https://www.researchgate.net/publication/316651049_Bacterias_anaerobias_procesos_que_realizan_y_contribuyen_a_la_sostenibilidad_de_la_vida_en_el_planeta
- Denegri, J., & Lannacone, J. (2020). Acid mine drainage remediation options: a review. Perú: *Science of The Total Environment*, 338(1–2), 3–14.



<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2004.09.002>

Díaz, J. (2013). *Tratamiento biológico como alternativa para disminuir el impacto ambiental ocasionado por el drenaje ácido, generado por la actividad minera en el municipio de Marmato Caldas*. Manizales: Tesis , Universidad de Manizales.
<https://ridum.umanizales.edu.co/handle/20.500.12746/730>

Duque, A. (2016). *Evaluación de la degradación de arsénico con cepas bacterianas aisladas de relaves mineros, en el Cantón Ponce Enríquez*. Riobamba: Tesis, Escuela Politécnica de Chimborazo.
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4897>

Escobar, M. (2015). *Evaluación de bacterias sulfato reductoras presentes en reactores pasivos durante la remediación de drenajes ácidos de minas*. Bogotá: Tesis, Pontificia Universidad Javeriana.
<http://hdl.handle.net/10554/20631>

Fernández, C., y Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. Mexico: McGraw-Hill.
<https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

Freedman, B. (2015). 19: *Acidificación*. Canada: LibreTexts Español.
[https://espanol.libretexts.org/Ingenieria/Ingeniería_Ambiental_\(Sustentabilidad_y_Conservación\)/Libro%3A_Ciencias_Ambientales_\(Freedman\)/05%3A_Parte_V_-_Daños_ambientales/19%3A_Acidificación](https://espanol.libretexts.org/Ingenieria/Ingeniería_Ambiental_(Sustentabilidad_y_Conservación)/Libro%3A_Ciencias_Ambientales_(Freedman)/05%3A_Parte_V_-_Daños_ambientales/19%3A_Acidificación)

Gray, N. (1997). Environmental impact and remediation of acid mine drainage: A management problem. Irlanda: *Environmental Geology*, 30(1–2), 62–71.
<https://doi.org/10.1007/S002540050133/Metrics>

Guayasamín, J. (2016). *Implementación, a Nivel Laboratorio, de un Sistema de Tratamiento Pasivo Tipo Sustrato Alcalino Disperso, para la Remediación de*



- Metales Pesados de Drenaje Ácido de Mina*. Quito: Tesis, Escuela Politécnica Nacional. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/16501>
- Hernández, R., y Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa*. In *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. México: Mc Graw Hill Education. <http://repositorio.uasb.edu.bo:8080/bitstream/54000/1292/1/Hernández-Metodología de la investigación.pdf>
- López, E. (2002). *Tratamientos pasivos de drenajes ácidos de mina: estado actual y perspectivas de futuro*. Madrid, España: Instituto Geológico y Minero de España. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=247839>
- Lozada, J. (2014). *Investigación Aplicada: Definición, Propiedad Intelectual e Industria*. Ecuador: Universidad Tecnológica Indoamérica. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6163749>
- Mamani, W. (2019). *Caracterización y tratamiento de efluentes de aguas ácidas en la mina La Rinconada - Puno*. Perú: Tesis, Universidad Nacional del Altiplano, Puno. <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/3279661>
- Meza, R. (2018). *Propuesta de biorremediación del pasivo minero ambiental de Frankeita – "Oruro - Bolivia"*. Arequipa, Perú: Tesis, Universidad Nacional San Agustín de Arequipa. <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3156514>
- Ministerio de Energía y Minas. (2022). *Inventario de pasivos ambientales mineros. Resolución ministerial N° 335-2022-MINEM/DM*. Lima, Perú: Ministerio de Energía y Minas. <https://www.gob.pe/institucion/minem/normas-legales/1911380-335-2022-minem-dm>
- Morales, E. (2018). *Determinación del contenido de metales pesados en suelos*



- colindantes a un drenaje ácido de mina en el municipio de California, Santander, Colombia.* Colombia: Tesis, Universidad Santo Tomás, Bucaramanga, Santo Tomas. <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/13009>
- National Human Genome Research Institute. (2019). *Bacteria*. Estados Unidos: National Institutes of Health (NIH). <https://www.genome.gov/es/genetics-glossary/Bacteria>
- Nina, M. (2008). *Evaluación de los métodos químicos y biogénico para el tratamiento de drenaje ácido de mina a escala de laboratorio.* Lima: Tesis, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. <https://hdl.handle.net/20.500.12672/802>
- Núñez, E. (2021). *Tratamiento de drenaje ácido de mina, mediante humedal artificial en condiciones de laboratorio.* Lima: Tesis, Universidad Nacional Agraria La Molina. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/4740>
- Palma, G. (2018). *Evaluación del funcionamiento de un biorreactor pasivo utilizando bacterias sulfato-reductoras para el tratamiento de drenajes ácidos de Mina.* Arequipa, Perú: Tesis, Universidad Nacional San Agustín de Arequipa. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/6096>
- Pardavé, W., Serrano, B., y Castillo, C. (2022). *Vista de Tratamiento de Drenajes Ácidos de Mina (DAM) mediante filtros elaborados con relave minero.* Colombia: Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid. <https://revistas.elpoli.edu.co/index.php/pol/article/view/2034/2028>
- Pari, D. (2017). *Efectos de los relaves mineros en la calidad del agua del Río Ananea – Puno.* Perú: Tesis, Universidad Nacional del Altiplano, Puno. <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/7074>
- Parra, R. (2010). Bacterias ácido lácticas: papel funcional en los alimentos. Colombia: *Biología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 8(1), 93–105.



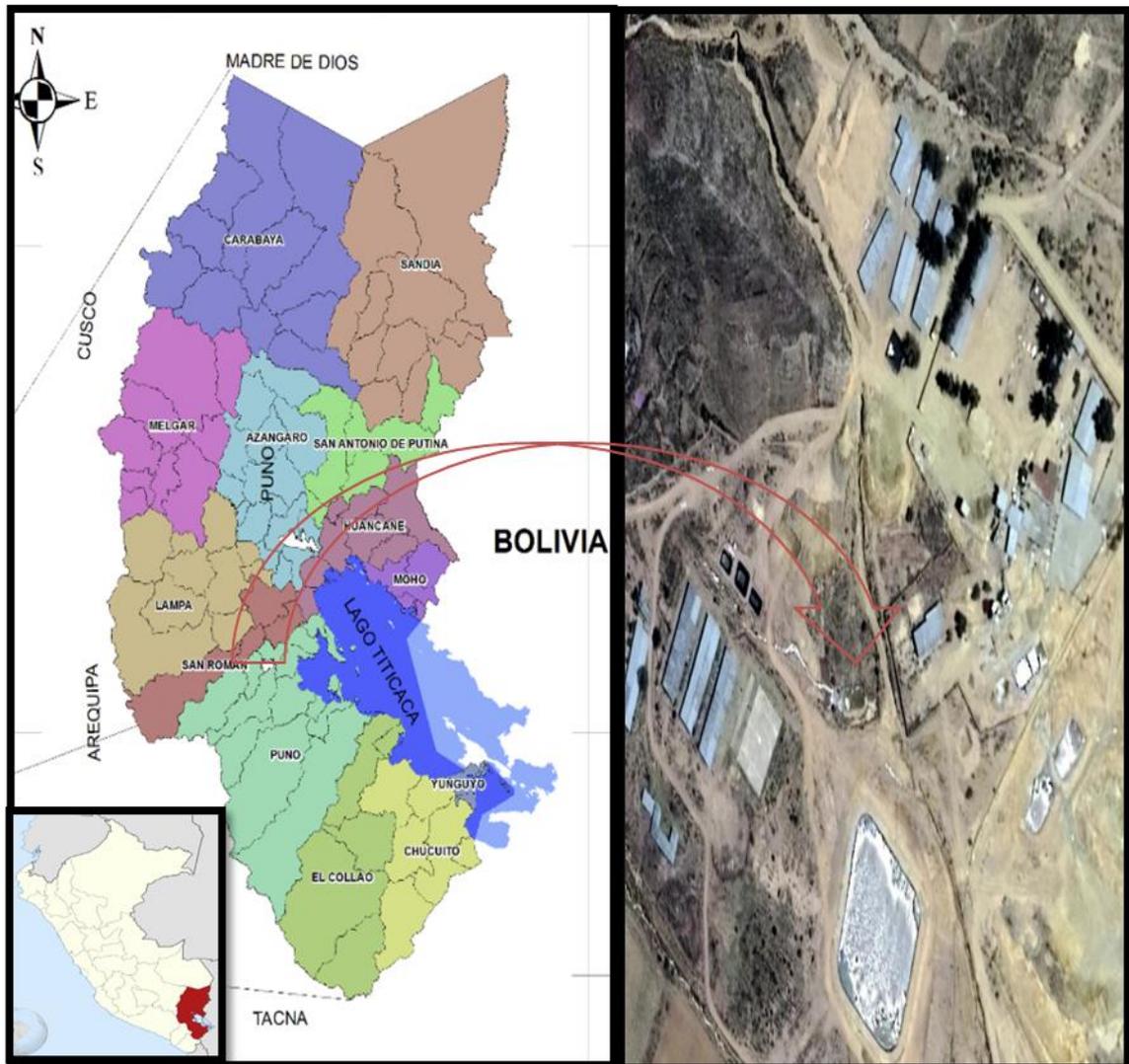
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612010000100012&lng=en&nrm=iso&tlng=es

- RoyChowdhury, A., Sarkar, D., y Datta, R. (2015). Remediation of Acid Mine Drainage-Impacted Water. Estados Unidos: *Current Pollution Reports*, 1(3), 131–141. <https://doi.org/10.1007/S40726-015-0011-3/tables/1>
- Ruiz, M. (2019). *Aislamiento e identificación de bacterias ácido lácticas con actividad inhibitoria de bacterias implicadas en enfermedades transmitidas por alimentos*. Buenos Aires, Argentina: Tesis, Universidad Nacional del Centro. <https://www.ridaa.unicen.edu.ar/handle/123456789/2096>
- Sang, L., y Hyun, L. (2009). *Bacteriocin from Purple Nonsulfur Phototrophic Bacteria, Rhodobacter capsulatus*. Corea del Sur: Korean Society for Microbiology. <https://doi.org/10.4167/JBV.2009.39.4.269>
- Sun, Y., Wang, X., Zhang, Y., & Li, J. (2020). *Removal of lead and cadmium from water by yeasts isolated from contaminated soils*. Amsterdam, Países Bajos: Chemosphere, 244, 125537. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.125537>
- Trujillo, J. (2022). *Optimización de la remoción de hierro del drenaje ácido de mina del pasivo ambiental minero de Mesapata, Recuay- Áncash, 2020-2021*. Huaraz: Tesis, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. <http://www.unasam.edu.pe/>



ANEXOS

Anexo 1. Mapa ubicación de la mina los Rosales



MINA LOS ROSALES -
VILQUE

Anexo 2. Recipientes y muestras de biodegradable líquido y granulado



a) *Recipiente granular*



b) *Recipiente líquido*



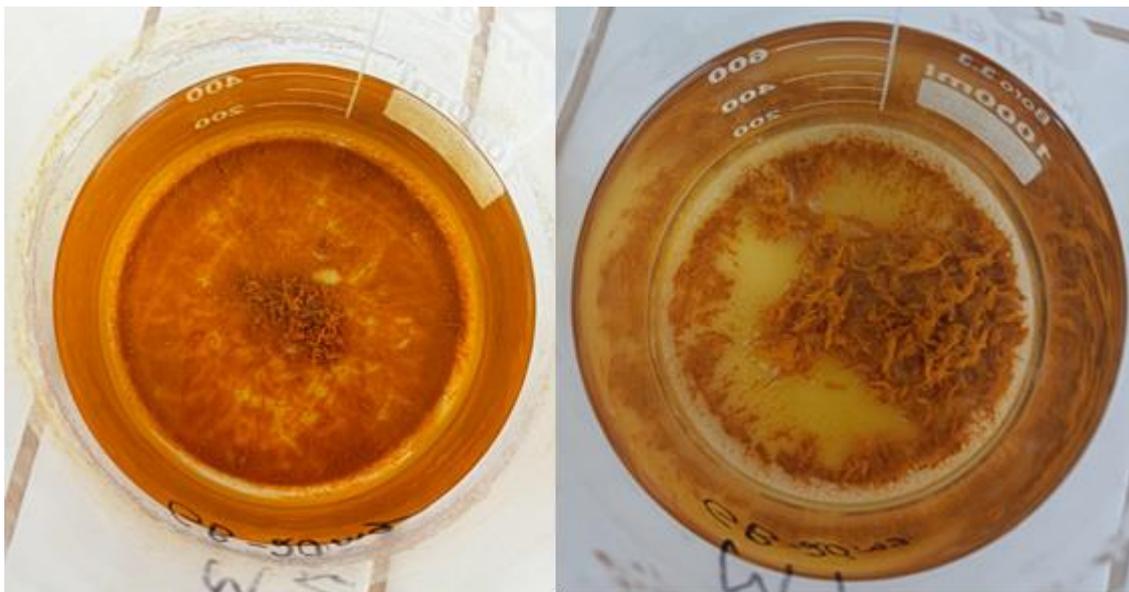
c) *Recipiente de biodegradable líquido y granular*



d) *Recipientes pequeños de biodegradable líquido y granular*



e) *Medición del agua con el multiparámetro*



f) *Muestra con el biodegradante*



g) *Muestras con el biodegradante líquido y granular*



h) *Recipiente con el motor de rotación*



Anexo 3. Informe de resultados de análisis



Universidad Nacional del Altiplano
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
LABORATORIO DE MONITOREO Y EVALUACION AMBIENTAL



INFORME DE ANÁLISIS N° 07-LA136

ASUNTO: Análisis de metales pesados (As, Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) por Espectrofotómetro de Emisión Atómica por Plasma Microondas 4210 MP-AES

PROYECTO DE TESIS: BIODEGRADACIÓN DE DRENAJE ÁCIDO DE MINA CON BACTERIAS FOTOSINTÉTICAS, ÁCIDO LÁCTICAS Y LEVADURAS EN EL PROYECTO MINERO ACUMULACIÓN LOS ROSALES – VILQUE

CODIGO DE LABORATORIO: L01LA136

N° ORDEN: LMEA – 4210 – MP – AES

FECHA DE INGRESO: 07/01/2022

TIPO DE SERVICIO: Único

TESISTA: LUIS UBER MONTREUIL LAZARO

INFORMACIÓN DE LA MUESTRAS

EMPAQUE PRIMARIO: Balde

TIPO DE MUESTRA: AGUA

DESCRIPCIÓN DEL SOLICITANTE: LUIS UBER MONTREUIL LAZARO

Coordenadas

UTM DATUM WGS – 84 L19

TEMPERATURA:

Ambiente
 Refrigeración

FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS: 10/01/2022

E: 0391348.56 **N:** 8250399.59
Altitud: 3855

I.- RESULTADO DE ANALISIS LIQUIDO

Parámetros	Fecha	LIQUIDO		
		Inicial	Final	Biodegradación
As	10/02/2022	2	1,2	0,8
	11/02/2022		1,01	0,99
Cd	10/02/2022	2,50	0,29	2,21
	11/02/2022		0,04	2,46
Cr	10/02/2022	1,80	0,01	1,79
	11/02/2022		0,02	1,78
Cu	10/02/2022	7,50	3,56	3,94
	11/02/2022		5,87	1,63
Fe	10/02/2022	117,50	63,26	54,24
	11/02/2022		72,56	44,94
Pb	10/02/2022	2,00	0,10	1,9
	11/02/2022		0,22	1,78
Zn	10/02/2022	3,00	1,56	1,44
	11/02/2022		2,16	0,84



M.Sc. Fidel Huasa Maman
JEFE DE LABORATORIO DE MONITOREO
Y EVALUACION AMBIENTAL DE LA FIM UMA

Los resultados corresponden solamente a las muestras analizadas en el laboratorio se prohíbe la reproducción parcial de este sin la aprobación escrita del laboratorio

a) Análisis de metales pesados con biodegradante liquido



INFORME DE ANÁLISIS
N° 08-LA136

ASUNTO: Análisis de metales pesados (As, Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) por Espectrofotómetro de Emisión Atómica por Plasma Microondas 4210 MP-AES

PROYECTO DE TESIS: BIODEGRADACIÓN DE DRENAJE ÁCIDO DE MINA CON BACTERIAS FOTOSINTÉTICAS, ÁCIDO LÁCTICAS Y LEVADURAS EN EL PROYECTO MINERO ACUMULACIÓN LOS ROSALES – VILQUE

CODIGO DE LABORATORIO: L01LA136

N° ORDEN: LMEA – 4210 – MP – AES

FECHA DE INGRESO: 07/01/2022

TIPO DE SERVICIO: Único

TESISTA: LUIS UBER MONTREUIL LAZARO

INFORMACIÓN DE LA MUESTRAS

EMPAQUE PRIMARIO: Balde

TIPO DE MUESTRA: AGUA

DESCRIPCIÓN DEL SOLICITANTE: LUIS UBER

MONTREUIL LAZARO

Coordenadas

UTM DATUM WGS – 84 L19

TEMPERATURA:

Ambiente
 Refrigeración

FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS: 10/01/2022

E: 0391348.56 **N:** 8250399.59

Altitud: 3855

I.- RESULTADO DE ANALISIS GRANULADO

Parámetros	Fecha	GRANULADO		Biodegradación
		Inicial	Final	
As	10/02/2022	2,00	0,79	1,21
	11/02/2022		0,84	1,16
Cd	10/02/2022	2,50	0,09	2,41
	11/02/2022		0,11	2,39
Cr	10/02/2022	1,80	0,02	1,78
	11/02/2022		0	1,8
Cu	10/02/2022	7,50	5,18	2,32
	11/02/2022		6,39	1,11
Fe	10/02/2022	117,50	7,93	109,57
	11/02/2022		2,35	115,15
Pb	10/02/2022	2,00	0,17	1,83
	11/02/2022		0,25	1,75
Zn	10/02/2022	3,00	1,65	1,35
	11/02/2022		2,35	0,65



M.Sc. Fidel Huisa Maman
JEFE DE LABORATORIO DE MONITOREO
Y EVALUACION AMBIENTAL DE LA FIM UNA

Los resultados corresponden solamente a las muestras analizadas en el laboratorio se prohíbe la reproducción parcial de este sin la aprobación escrita del laboratorio

b) Análisis de metales pesados con biodegradante granulado



INFORME DE ANÁLISIS
N° 09-LA136

ASUNTO: Análisis Conductividad Eléctrica

PROYECTO DE TESIS: BIODEGRADACIÓN DE DRENAJE ÁCIDO DE MINA CON BACTERIAS FOTOSINTÉTICAS, ÁCIDO LÁCTICAS Y LEVADURAS EN EL PROYECTO MINERO ACUMULACIÓN LOS ROSALES - VILQUE

CODIGO DE LABORATORIO: L01LA136

N° ORDEN: LMEA - 4210 - MP - AES

FECHA DE INGRESO: 07/01/2022

TIPO DE SERVICIO: Único

TESISTA: LUIS UBER MONTREUIL LAZARO

INFORMACIÓN DE LA MUESTRAS

EMPAQUE PRIMARIO: Balde

TEMPERATURA:

Ambiente
 Refrigeración

TIPO DE MUESTRA: AGUA

DESCRIPCIÓN DEL SOLICITANTE: LUIS UBER

FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS: 10/01/2022

MONTREUIL LAZARO

Coordenadas

UTM DATUM WGS - 84 L19

E: 0391348,56 N: 8250399,59

Altitud: 3855

I.- RESULTADO DE ANALISIS CONDUCTIVIDAD ELECTRICA

Conductividad Eléctrica					
Biodegradante	Dosis	Fecha	C. Inicial	C. Final	Biodegradación
Líquido	3 l	10/01/2022	2 565	49,57	2515,43
Granulado	3 kg			215,3	2349,7
Líquido	3 l	12/01/2022	2 565	51,72	2513,28
Granulado	3 kg			213,4	2351,6
Líquido	3 l	14/01/2022	2 565	53,02	2511,98
Granulado	3 kg			214,8	2350,2
Líquido	3 l	17/01/2022	2 565	55,42	2509,58
Granulado	3 kg			217	2348
Líquido	3 l	19/01/2022	2 565	59,79	2505,21
Granulado	3 kg			216,4	2348,6
Líquido	3 l	21/01/2022	2 565	58,3	2506,7
Granulado	3 kg			221,8	2343,2
Líquido	3 l	26/01/2022	2 565	54,3	2510,7
Granulado	3 kg			198,1	2366,9
Líquido	3 l	31/01/2022	2 565	55,91	2509,09
Granulado	3 kg			182,1	2382,9
Líquido	3 l	7/02/2022	2 565	83,03	2481,97
Granulado	3 kg			251,9	2313,1
Líquido	3 l	9/02/2022	2 565	87,47	2477,53
Granulado	3 kg			223,9	2341,1



M.Sc. Fidel Huaco Maman
JEFE DE LABORATORIO DE MONITOREO Y EVALUACION AMBIENTAL DE LA FIM UNA

Los resultados corresponden solamente a las muestras analizadas en el laboratorio se prohíbe la reproducción parcial de este sin la aprobación escrita del laboratorio

c) Análisis de conductividad eléctrica



INFORME DE ANÁLISIS
N° 10-LA136

ASUNTO: Análisis de Potencial de Oxidación/Reducción
PROYECTO DE TESIS: BIODEGRADACIÓN DE DRENAJE ÁCIDO DE MINA CON BACTERIAS FOTOSINTÉTICAS, ÁCIDO LÁCTICAS Y LEVADURAS EN EL PROYECTO MINERO ACUMULACIÓN LOS ROSALES – VILQUE

CODIGO DE LABORATORIO: L01LA136
N° ORDEN: LMEA – 4210 – MP – AES
FECHA DE INGRESO: 07/01/2022
TIPO DE SERVICIO: Único
TESISTA: LUIS UBER MONTREUIL LAZARO

INFORMACIÓN DE LA MUESTRAS

EMPAQUE PRIMARIO: Balde	TEMPERATURA:	<input type="checkbox"/> Ambiente
TIPO DE MUESTRA: AGUA		<input type="checkbox"/> Refrigeración
DESCRIPCIÓN DEL SOLICITANTE: LUIS UBER MONTREUIL LAZARO	FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS:	10/01/2022
Coordenadas		
UTM DATUM WGS – 84 L19	E: 0391348.56 N: 8250399.59	
	Altitud: 3855	

Potencial Oxidación /Reducción					
Biodegradante	Dosis	Fecha	C. Inicial	C. Final	Biodegradación
Líquido	3 l	10/01/2022	569,2	262,5	306,7
Granulado	3 kg			302,4	266,8
Líquido	3 l	12/01/2022	569,2	246,5	322,7
Granulado	3 kg			296,5	272,7
Líquido	3 l	14/01/2022	569,2	254,9	314,3
Granulado	3 kg			292,3	276,9
Líquido	3 l	17/01/2022	569,2	256,2	313
Granulado	3 kg			284,3	284,9
Líquido	3 l	19/01/2022	569,2	255,3	313,9
Granulado	3 kg			282,5	286,7
Líquido	3 l	21/01/2022	569,2	243	326,2
Granulado	3 kg			255,3	313,9
Líquido	3 l	26/01/2022	569,2	258	311,2
Granulado	3 kg			276,6	292,6
Líquido	3 l	31/01/2022	569,2	260,6	308,6
Granulado	3 kg			283,5	285,7
Líquido	3 l	7/02/2022	569,2	260,9	308,3
Granulado	3 kg			284,2	285
Líquido	3 l	9/02/2022	569,2	258,3	310,9
Granulado	3 kg			277,4	291,8



M.Sc. Fidel Huicho Maman
JEFE DE LABORATORIO DE MONITOREO Y EVALUACION AMBIENTAL DE LA FM UNA

Los resultados corresponden solamente a las muestras analizadas en el laboratorio se prohíbe la reproducción parcial de este sin la aprobación escrita del laboratorio

d) Análisis de potencial de oxidación / reducción



INFORME DE ANÁLISIS
N° 11-LA136

ASUNTO: Análisis de Biodegradable (líquido, granulado)
PROYECTO DE TESIS: BIODEGRADACIÓN DE DRENAJE ÁCIDO DE MINA CON BACTERIAS FOTOSINTÉTICAS, ÁCIDO LÁCTICAS Y LEVADURAS EN EL PROYECTO MINERO ACUMULACIÓN LOS ROSALES – VILQUE

CODIGO DE LABORATORIO: L01LA136
N° ORDEN: LMEA – 4210 – MP – AES
FECHA DE INGRESO: 07/01/2022
TIPO DE SERVICIO: Único
TESISTA: LUIS UBER MONTREUIL LAZARO

INFORMACIÓN DE LA MUESTRAS

EMPAQUE PRIMARIO: Balde	TEMPERATURA:	<input type="checkbox"/> Ambiente
TIPO DE MUESTRA: AGUA		<input type="checkbox"/> Refrigeración
DESCRIPCIÓN DEL SOLICITANTE: LUIS UBER MONTREUIL LAZARO	FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS:	10/01/2022
Coordenadas	E: 0391348.56 N: 8250399.59	
UTM DATUM WGS – 84 L19	Altitud: 3855	

Biodegradable	Dosis	Fecha	C. Inicial	C. Final	Biodegradación
Líquido	3 l	10/01/2022	59,1	12,8	46,3
Granulado	3 kg			64,4	-5,3
Líquido	3 l	12/01/2022	59,1	41,3	17,8
Granulado	3 kg			85,1	-26
Líquido	3 l	14/01/2022	59,1	63,4	-4,3
Granulado	3 kg			57,4	1,7
Líquido	3 l	17/01/2022	59,1	57,4	1,7
Granulado	3 kg			55,8	3,3
Líquido	3 l	19/01/2022	59,1	71,2	-12,1
Granulado	3 kg			61,5	-2,4
Líquido	3 l	21/01/2022	59,1	50,2	8,9
Granulado	3 kg			33	26,1
Líquido	3 l	26/01/2022	59,1	86	-26,9
Granulado	3 kg			45,5	13,6
Líquido	3 l	31/01/2022	59,1	96,1	-37
Granulado	3 kg			73	-13,9
Líquido	3 l	7/02/2022	59,1	81,2	-22,1
Granulado	3 kg			24,7	34,4
Líquido	3 l	9/02/2022	59,1	80,4	-21,3
Granulado	3 kg			25,7	33,4



M.Sc. Fidel Huasa Maman
JEFE DE LABORATORIO DE MONITOREO
Y EVALUACIÓN AMBIENTAL DE LA FIM UNA

Los resultados corresponden solamente a las muestras analizadas en el laboratorio se prohíbe la reproducción parcial de este sin la aprobación escrita del laboratorio

e) Análisis de oxígeno disuelto



INFORME DE ANÁLISIS
N° 12-LA136

ASUNTO: Análisis de Sólidos Totales Disueltos (TDS)
PROYECTO DE TESIS: BIODEGRADACIÓN DE DRENAJE ÁCIDO DE MINA CON BACTERIAS FOTOSINTÉTICAS, ÁCIDO LÁCTICAS Y LEVADURAS EN EL PROYECTO MINERO ACUMULACIÓN LOS ROSALES – VILQUE

CODIGO DE LABORATORIO: L01LA136
N° ORDEN: LMEA – 4210 – MP – AES
FECHA DE INGRESO: 07/01/2022
TIPO DE SERVICIO: Único
TESISTA: LUIS UBER MONTREUIL LAZARO

INFORMACIÓN DE LA MUESTRAS

EMPAQUE PRIMARIO: Balde TEMPERATURA: Ambiente Refrigeración
TIPO DE MUESTRA: AGUA
DESCRIPCIÓN DEL SOLICITANTE: LUIS UBER MONTREUIL LAZARO
FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS: 10/01/2022
Coordenadas
UTM DATUM WGS – 84 L19 E: 0391348,56 N: 8250399,59
Altitud: 3855

Sólidos Totales disueltos					
Biodegradante	Dosis	Fecha	C. Inicial	C. Final	Biodegradación
Líquido	3 l	10/01/2022	1 281	24,81	1256,19
Granulado	3 kg			104,7	1176,3
Líquido	3 l	12/01/2022	1 281	25,26	1255,74
Granulado	3 kg			106,7	1174,3
Líquido	3 l	14/01/2022	1 281	26,41	1254,59
Granulado	3 kg			107,4	1173,6
Líquido	3 l	17/01/2022	1 281	27,71	1253,29
Granulado	3 kg			108,5	1172,5
Líquido	3 l	19/01/2022	1 281	29,99	1251,01
Granulado	3 kg			108,4	1172,6
Líquido	3 l	21/01/2022	1 281	29,08	1251,92
Granulado	3 kg			111	1170
Líquido	3 l	26/01/2022	1 281	27,15	1253,85
Granulado	3 kg			99,48	1181,52
Líquido	3 l	31/01/2022	1 281	27,96	1253,04
Granulado	3 kg			91,29	1189,71
Líquido	3 l	7/02/2022	1 281	41,54	1239,46
Granulado	3 kg			126,2	1154,8
Líquido	3 l	9/02/2022	1 281	43,73	1237,27
Granulado	3 kg			111,5	1169,5



M.Sc. Fidel Huysa Maman
JEFE DE LABORATORIO DE MONITOREO
Y EVALUACION AMBIENTAL DE LA FIM UNA

Los resultados corresponden solamente a las muestras analizadas en el laboratorio se prohíbe la reproducción parcial de este sin la aprobación escrita del laboratorio

f) Análisis de sólidos totales disueltos



INFORME DE ANÁLISIS
N° 13-LA136

ASUNTO: Análisis de metales pesados (As, Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) por Espectrofotómetro de Emisión Atómica por Plasma Microondas 4210 MP-AES

PROYECTO DE TESIS: BIODEGRADACIÓN DE DRENAJE ÁCIDO DE MINA CON BACTERIAS FOTOSINTÉTICAS, ÁCIDO LÁCTICAS Y LEVADURAS EN EL PROYECTO MINERO ACUMULACIÓN LOS ROSALES – VILQUE

CODIGO DE LABORATORIO: L01LA136

N° ORDEN: LMEA – 4210 – MP – AES

FECHA DE INGRESO: 07/01/2022

TIPO DE SERVICIO: Único

TESISTA: LUIS UBER MONTREUIL LAZARO

INFORMACIÓN DE LA MUESTRAS

EMPAQUE PRIMARIO: Balde

TIPO DE MUESTRA: AGUA

DESCRIPCIÓN DEL SOLICITANTE: LUIS UBER MONTREUIL LAZARO

Coordenadas

UTM DATUM WGS – 84 L19

TEMPERATURA:

Ambiente
 Refrigeración

FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS: 10/01/2022

E: 0391348.56 **N:** 8250399.59

Altitud: 3855

Porcentaje de biodegradación del líquido en la remoción de metales pesados

LIQUIDO				
Parámetros	Fecha	Inicial	Final	Biodegradación %
As	10/02/2022	2,00	1,20	40,00%
	11/02/2022		1,01	49,50%
Cd	10/02/2022	2,50	0,29	88,40%
	11/02/2022		0,04	98,40%
Cr	10/02/2022	1,80	0,01	99,44%
	11/02/2022		0,02	98,89%
Cu	10/02/2022	7,50	3,56	52,53%
	11/02/2022		5,87	21,73%
Fe	10/02/2022	117,50	63,26	46,16%
	11/02/2022		72,56	38,25%
Pb	10/02/2022	2,00	0,10	95,00%
	11/02/2022		0,22	89,00%
Zn	10/02/2022	3,00	1,56	48,00%
	11/02/2022		2,16	28,00%



Los resultados corresponden solamente a las muestras analizadas en el laboratorio se prohíbe la reproducción parcial de este sin la aprobación escrita del laboratorio

g) Porcentaje de efectividad con biodegradante liquido



INFORME DE ANÁLISIS
N° 14-LA136

ASUNTO: Análisis de metales pesados (As, Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) por Espectrofotómetro de Emisión Atómica por Plasma Microondas 4210 MP-AES

PROYECTO DE TESIS: BIODEGRADACIÓN DE DRENAJE ÁCIDO DE MINA CON BACTERIAS FOTOSINTÉTICAS, ÁCIDO LÁCTICAS Y LEVADURAS EN EL PROYECTO MINERO ACUMULACIÓN LOS ROSALES – VILQUE

CODIGO DE LABORATORIO: L01LA136

N° ORDEN: LMEA – 4210 – MP – AES

FECHA DE INGRESO: 07/01/2022

TIPO DE SERVICIO: Único

TESISTA: LUIS UBER MONTREUIL LAZARO

INFORMACIÓN DE LA MUESTRAS

EMPAQUE PRIMARIO: Balde

TIPO DE MUESTRA: AGUA

DESCRIPCIÓN DEL SOLICITANTE: LUIS UBER

MONTREUIL LAZARO

Coordenadas

UTM DATUM WGS – 84 L19

TEMPERATURA:

Ambiente
 Refrigeración

FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS: 10/01/2022

E: 0391348.56 **N:** 8250399.59
Altitud: 3855

Porcentaje de biodegradación del granular en la remoción de metales pesados

GRANULADO				
Parámetros	Fecha	Inicial	Final	Biodegradación %
As	10/02/2022	2,00	0,79	60,50%
	11/02/2022		0,84	58,00%
Cd	10/02/2022	2,50	0,09	96,40%
	11/02/2022		0,11	95,60%
Cr	10/02/2022	1,80	0,02	98,89%
	11/02/2022		0,00	100,00%
Cu	10/02/2022	7,50	5,18	30,93%
	11/02/2022		6,39	14,80%
Fe	10/02/2022	117,50	7,93	93,28%
	11/02/2022		2,35	98,00%
Pb	10/02/2022	2,00	0,17	91,50%
	11/02/2022		0,25	87,50%
Zn	10/02/2022	3,00	1,65	45,00%
	11/02/2022		2,35	21,67%



Los resultados corresponden solamente a las muestras analizadas en el laboratorio se prohíbe la reproducción parcial de este sin la aprobación escrita del laboratorio

h) Porcentaje de efectividad con biodegradante granulado



INFORME DE ANÁLISIS
N° 15-LA136

ASUNTO: Análisis de Biodegradable (Líquido, Granulado),
Potencial Oxidación /Reducción
PROYECTO DE TESIS: BIODEGRADACIÓN DE DRENAJE ÁCIDO
DE MINA CON BACTERIAS FOTOSINTÉTICAS, ÁCIDO LÁCTICAS Y
LEVADURAS EN EL PROYECTO MINERO ACUMULACIÓN LOS
ROSALES – VILQUE
CODIGO DE LABORATORIO: L01LA136
N° ORDEN: LMEA – 4210 – MP – AES
FECHA DE INGRESO: 07/01/2022
TIPO DE SERVICIO: Único
TESISTA: LUIS UBER MONTREUIL LAZARO

INFORMACIÓN DE LA MUESTRAS

EMPAQUE PRIMARIO: Balde
TIPO DE MUESTRA: AGUA
DESCRIPCIÓN DEL SOLICITANTE: LUIS UBER
MONTREUIL LAZARO
Coordenadas
UTM DATUM WGS – 84 L19
TEMPERATURA:
 Ambiente
 Refrigeración
FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS: 10/01/2022
E: 0391348.56 **N:** 8250399.59
Altitud: 3855

Porcentaje de biodegradación del líquido en la remoción de metales pesados

Potencial Oxidación /Reducción					
Biodegradable	Dosis	Fecha	C. Inicial	C. Final	Biodegradación
Líquido	3 l	10/01/2022	569,2	262,5	53,9 %
Granulado	3 kg			302,4	46,9 %
Líquido	3 l	12/01/2022	569,2	246,5	56,7 %
Granulado	3 kg			296,5	47,9 %
Líquido	3 l	14/01/2022	569,2	254,9	55,2 %
Granulado	3 kg			292,3	48,6 %
Líquido	3 l	17/01/2022	569,2	256,2	55,0 %
Granulado	3 kg			284,3	50,1 %
Líquido	3 l	19/01/2022	569,2	255,3	55,1 %
Granulado	3 kg			282,5	50,4 %
Líquido	3 l	21/01/2022	569,2	243,00	57,3 %
Granulado	3 kg			255,30	55,1 %
Líquido	3 l	26/01/2022	569,2	258,00	54,7 %
Granulado	3 kg			276,6	51,4 %
Líquido	3 l	31/01/2022	569,2	260,6	54,2 %
Granulado	3 kg			283,5	50,2 %
Líquido	3 l	7/02/2022	569,2	260,9	54,2 %
Granulado	3 kg			284,2	50,1 %
Líquido	3 l	9/02/2022	569,2	258,3	54,6 %
Granulado	3 kg			277,4	51,3 %



M.Sc. Fidel Huisa Maman
JEFE DE LABORATORIO DE MONITOREO
Y EVALUACION AMBIENTAL DE LA FIM UNA

*Los resultados corresponden solamente a las muestras analizadas en el laboratorio se
prohíbe la reproducción parcial de este sin la aprobación escrita del laboratorio*

i) Porcentaje de efectividad en potencial oxidación / reducción



INFORME DE ANÁLISIS
N° 16-LA136

ASUNTO: Análisis de Oxígeno Disuelto (OD)

PROYECTO DE TESIS: BIODEGRADACIÓN DE DRENAJE ÁCIDO DE MINA CON BACTERIAS FOTOSINTÉTICAS, ÁCIDO LÁCTICAS Y LEVADURAS EN EL PROYECTO MINERO ACUMULACIÓN LOS ROSALES - VILQUE

CODIGO DE LABORATORIO: L01LA136

N° ORDEN: LMEA - 4210 - MP - AES

FECHA DE INGRESO: 07/01/2022

TIPO DE SERVICIO: Único

TESISTA: LUIS UBER MONTREUIL LAZARO

INFORMACIÓN DE LA MUESTRAS

EMPAQUE PRIMARIO: Balde

TEMPERATURA:

Ambiente
 Refrigeración

TIPO DE MUESTRA: AGUA

DESCRIPCIÓN DEL SOLICITANTE: LUIS UBER

MONTREUIL LAZARO

FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS: 10/01/2022

Coordenadas

UTM DATUM WGS - 84 L19

E: 0391348.56 **N:** 8250399.59

Altitud: 3855

Porcentaje de biodegradación del líquido en la remoción de metales pesados

Oxígeno Disuelto					
Biodegradante	Dosis	Fecha	C. Inicial	C. Final	Biodegradación %
Líquido	3 l	10/01/2022	59,1	12,8	78,3 %
Granulado	3 kg			64,4	5,3 %
Líquido	3 l	12/01/2022	59,1	41,3	30,1 %
Granulado	3 kg			85,1	26,0 %
Líquido	3 l	14/01/2022	59,1	63,4	4,3 %
Granulado	3 kg			57,4	2,9 %
Líquido	3 l	17/01/2022	59,1	75,5	16,4 %
Granulado	3 kg			55,8	5,6 %
Líquido	3 l	19/01/2022	59,1	71,2	12,1 %
Granulado	3 kg			61,5	2,4 %
Líquido	3 l	21/01/2022	59,1	50,2	15,1 %
Granulado	3 kg			33	44,2 %
Líquido	3 l	26/01/2022	59,1	86	26,9 %
Granulado	3 kg			45,5	23,0 %
Líquido	3 l	31/01/2022	59,1	96,1	37,0 %
Granulado	3 kg			73	13,9 %
Líquido	3 l	7/02/2022	59,1	81,2	22,1 %
Granulado	3 kg			24,7	58,2 %
Líquido	3 l	9/02/2022	59,1	80,4	21,3 %
Granulado	3 kg			25,7	56,5 %



M.Sc. Fidel Norsa Maman
JEFE DE LABORATORIO DE MONITOREO Y EVALUACION AMBIENTAL

Los resultados corresponden a las muestras analizadas en el laboratorio se prohíbe la reproducción parcial de este sin la aprobación escrita del laboratorio

j) Porcentaje de efectividad de oxígeno disuelto



INFORME DE ANÁLISIS
N° 17-LA136

ASUNTO: Análisis de Biodegradante (Líquido, Granulado), Sólidos Totales disueltos
PROYECTO DE TESIS: BIODEGRADACIÓN DE DRENAJE ÁCIDO DE MINA CON BACTERIAS FOTOSINTÉTICAS, ÁCIDO LÁCTICAS Y LEVADURAS EN EL PROYECTO MINERO ACUMULACIÓN LOS ROSALES – VILQUE

CODIGO DE LABORATORIO: L01LA136
N° ORDEN: LMEA – 4210 – MP – AES
FECHA DE INGRESO: 07/01/2022
TIPO DE SERVICIO: Único
TESISTA: LUIS UBER MONTREUIL LAZARO

INFORMACIÓN DE LA MUESTRAS

EMPAQUE PRIMARIO: Balde	TEMPERATURA:	<input type="checkbox"/> Ambiente
TIPO DE MUESTRA: AGUA		<input type="checkbox"/> Refrigeración
DESCRIPCIÓN DEL SOLICITANTE: LUIS UBER MONTREUIL LAZARO	FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS:	10/01/2022
Coordenadas		
UTM DATUM WGS – 84 L19	E: 0391348.56 N: 8250399.59	
	Altitud: 3855	

Porcentaje de biodegradación con los Sólidos Totales Disueltos

Sólidos Totales disueltos					
Biodegradante	Dosis	Fecha	C. Inicial	C. Final	Biodegradación
Líquido	3 l	10/01/2022	1 281	24,81	98,06 %
Granulado	3 kg			104,7	91,83 %
Líquido	3 l	12/01/2022	1 281	25,26	98,03 %
Granulado	3 kg			106,7	91,67 %
Líquido	3 l	14/01/2022	1 281	26,41	97,94 %
Granulado	3 kg			107,4	91,62 %
Líquido	3 l	17/01/2022	1 281	27,71	97,84 %
Granulado	3 kg			108,5	91,53 %
Líquido	3 l	19/01/2022	1 281	29,99	97,66 %
Granulado	3 kg			108,4	91,54 %
Líquido	3 l	21/01/2022	1 281	29,08	97,73 %
Granulado	3 kg			111	91,33 %
Líquido	3 l	26/01/2022	1 281	27,15	97,88 %
Granulado	3 kg			99,48	92,23 %
Líquido	3 l	31/01/2022	1 281	27,96	97,82 %
Granulado	3 kg			91,29	92,87 %
Líquido	3 l	7/02/2022	1 281	41,54	96,76 %
Granulado	3 kg			126,2	90,15 %
Líquido	3 l	9/02/2022	1 281	43,73	96,59 %
Granulado	3 kg			111,5	91,30 %



Los resultados corresponden solamente a las muestras analizadas en el laboratorio se prohíbe la reproducción parcial de este sin la aprobación escrita del laboratorio

k) Porcentaje de efectividad de sólidos totales disueltos



Anexo 4. Declaración jurada de autenticidad de tesis



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Luis Uber Matkoil Lazaro
identificado con DNI 70459543 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

Escuela Profesional de Ingeniería de Minas

, informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación para la obtención de Grado
 Título Profesional denominado:

"Biodegradación de drenaje ácido de mina con bacterias fotosintéticas, Ácido
láctico y levaduras en el proyecto minero Acomulacion Los Rosales - Vilque"
" Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 18 de Julio del 2023

FIRMA (obligatoria)



Huella



Anexo 5. Autorización para el depósito de tesis o trabajo de investigación en el repositorio institucional

 Universidad Nacional del Altiplano Puno	 Vicerrectorado de Investigación	 Repositorio Institucional
---	---	---

AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo Luis Uber Montreuil Lazaro
, identificado con DNI 70459543 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado
Escuela Profesional de Ingeniería de Minas

, informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación para la obtención de Grado Título Profesional denominado:

"Bio degradación de drenaje ácido de mina con bacterias fotosintéticas, Ácido láctico y levaduras en el proyecto minero Acumulación los Rosales - Vilque"

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 18 de Julio del 2023



FIRMA (obligatoria)



Huella