

FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE
INGENIERÍA AMBIENTAL



**TRATAMIENTO DE DRENAJE ÁCIDO DE MINA
UTILIZANDO BACTERIAS SULFATO
REDUCTORAS, DE LA MINA LAR CARBÓN S.A.
EN EL PERIODO FEBRERO – JUNIO 2013**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

AUTOR:

Valerio Zuñiga Maria Elena

ASESOR:

Mag. María Aliaga Martínez

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Ingeniería de Procesos Industriales

LIMA - PERÚ

DEDICATORIA

A Dios por haberme dado salud para lograr mis objetivos, a mi Madre por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, por su motivación constante, por su amor, a mi Padre que desde el cielo ilumina mi camino y me protege, a mis hermanos por su cariño y compañía, a mis Asesores por su gran apoyo y motivación para la culminación de mis estudios profesionales y para la elaboración de la tesis.

Valerio Zuñiga Maria Elena

AGRADECIMIENTO

Le agradezco a Dios por haberme permitido llegar a concluir mi tesis, por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por darme fortaleza en los momentos difíciles, por su infinito amor.

Le doy gracias a mi madre Gloria por sus consejos, su preocupación, su empuje diario para sacarnos adelante a mis hermanos y a mí, por estar siempre apoyándome en todo, por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación, en el transcurso de mi vida, por hacer que sea una persona de bien, y sobre todo por su amor infinito.

Le agradezco a mi padre Víctor que desde el cielo siempre me protege y me acompaña en todo momento, aunque no esté presente físicamente, lo está espiritualmente, gracias por los años que compartimos juntos, por tu amor infinito.

Le doy gracias a mis hermanos por ser parte de mi vida, Jesús, Yulisa, Betsy, Jhonnier por llenar mi vida de alegrías y momentos inolvidables.

Agradecer a mi asesora Mag. María Aliaga Martínez por su apoyo, su tiempo, su dedicación y colaboración para realizar mi montaje preliminar de mi experimento en su curso de Contaminación de Aguas y Control en el laboratorio de la Universidad Nacional del Callao.

Agradecer al Dr. José Luis Bauer Cuya por su apoyo y asesoría para la elaboración experimental de la tesis en el laboratorio de Biotecnología de la Universidad Peruana Cayetano Heredia.

Valerio Zuñiga Maria Elena

PRESENTACIÓN

En el presente trabajo se desarrolló el fundamento teórico y experimental del drenaje ácido de mina, se realizó muestreos representativos del agua ácida de mina y de los sustratos empleados (estiércol de oveja y vaca) de diferentes puntos de muestreo, se llevó a cabo el tratamiento del drenaje ácido de mina con bacterias sulfato reductoras y finalmente se hace un análisis e interpretación de la información obtenida.

Los objetivos de la investigación son: Determinar el porcentaje de remoción de metales As, Cd, Fe y sulfatos en el drenaje ácido de mina durante el tratamiento con bacterias sulfato reductoras, en la Unidad de Producción Minera, (UPM), en el periodo Febrero – Junio, 2013

- Objetivo Específico: Determinar los niveles de concentración de los metales As, Cd, Fe y sulfatos en el tratamiento de drenaje ácido de mina con bacterias sulfato reductoras
- Determinar las condiciones óptimas para el crecimiento de bacterias sulfato reductoras para lograr la remoción de los metales As, Cd, Fe y sulfatos en el tratamiento del drenaje ácido de mina.

Para el lugar donde se desarrolló la investigación no existen estudios sobre el tratamiento de drenaje ácido de mina utilizando bacterias sulfato reductoras en minería del carbón. Por esta razón el método de tratamiento desarrollado no solamente sirve para solucionar un problema, a nivel local si no también se puede extrapolar a otras regiones carboníferas del país, con miras a la prevención y mitigación del impacto ambiental generado por el drenaje ácido de mina. Sin embargo para aplicar el tratamiento empleado es necesario aumentar el número de muestras, análisis y pruebas del carbón.

ÍNDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
PRESENTACIÓN	iv
ÍNDICE	v
RESUMEN.....	x
ABSTRACT	xii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Problema de Investigación.....	1
1.1.1. Realidad Problemática.....	1
1.1.2. Justificación.....	3
1.1.3. Antecedentes	4
1.1.4. Objetivos	6
1.1.4.1 Objetivo General.....	6
1.1.4.2 Objetivos Específicos	6
1.2. Marco Referencial	7
1.2.1. Marco Teórico	7
1.2.2. Marco Conceptual	20
2. MARCO METODOLÓGICO.....	24
2.1. Hipótesis	24
2.2. Variables.....	25
2.3. Metodología.....	26
2.3.1. Tipo de Diseño de Investigación.....	26
2.4. Población y Muestra.....	26
2.5. Método de Investigación.....	27
2.6. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	27
2.6.1 Procedimiento de Recolección de Datos.....	28
2.6.2. Validación y Confiabilidad del Instrumento	40
2.7. Método de Análisis de Datos.....	41
3. RESULTADOS.....	42
4. DISCUSIÓN.....	53
5. CONCLUSIONES.....	55

6.	SUGERENCIAS.....	55
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	56
8.	ANEXOS.....	58

Lista de Cuadros

	Pág.
Cuadro: 1.1 Volumen del material no metálico de carbón que se extrae.	7
Cuadro: 1.2 Temperaturas promedio según época y estación.	9
Cuadro: 1.3 Dimensiones de las galerías de acarreo de la UPM.	11
Cuadro: 1.4 Dimensiones de la chimenea de la UPM.	11
Cuadro: 1.5 Parámetros de diseño de los botaderos.	13
Cuadro: 1.6 Parámetros para el diseño de disposición de desmonte.	15
Cuadro: 2.1 Operacionalización de variables.	25
Cuadro: 2.2 Punto de toma de muestra de agua ácida.	26
Cuadro: 2.3 Parámetros de medición de campo.	28
Cuadro: 2.4 Condiciones para la toma de muestras de agua ácida.	28
Cuadro: 2.5 Análisis de metales de agua ácida.	29
Cuadro: 2.6 Análisis de sulfatos.	29
Cuadro: 2.7 Recojo de muestra de sustratos para el tratamiento.	30
Cuadro: 2.8 Condiciones para el experimento en reactores.	37
Cuadro: 2.9 Condiciones para el experimento en el receptor de sulfuro de hidrógeno.	37
Cuadro: 2.10 Condiciones de concentración de la muestra de agua ácida de mina.	38
Cuadro: 2.11 Composición de solución reguladora para determinación de sulfato.	40

Lista de Fotos

	Pág.
Foto: 1.1 Vista de tolva con parrilla.	12
Foto: 2.1 Vista de muestra PM 1.	27
Foto: 2.2 Vista de punto de muestreo N° 1 de estiércol de vaca.	30
Foto: 2.3 Vista de estiércol recolectado de oveja para el tratamiento.	31
Foto: 2.4 Vista de crecimiento de bacterias sulfato reductoras, coloración negra.	34
Foto: 2.5 Vista del experimento de la influencia del pH en el crecimiento de bacterias	

Lista de Figuras

	Pág.
Fig. 1.1. Diagrama de flujo de operaciones de la mina.	14
Fig. 1.2 Esquema de tratamiento que utiliza la mina.	16
Fig. 2.1 Esquema del procedimiento de dilución exhaustiva.	35
Fig. 2.2 Esquema de tratamiento de drenaje ácido de mina en reactores anaerobios.	36
Fig. 2.3 Diagrama de flujo para el tratamiento de drenaje ácido de mina en reactores anaerobios.	38
Fig. 3.1 Influencia del pH en el crecimiento de bacterias sulfato reductoras.	46
Fig. 3.2 Reducción de sulfato en función al tiempo.	47
Fig. 3.3 Porcentaje de remoción para arsénico.	47
Fig. 3.4 Porcentaje de remoción para hierro.	48
Fig. 3.5 Porcentaje de remoción para cadmio.	48
Fig. 3.6 Porcentaje de remoción para sulfato.	49
Fig. 3.7 Comparación entre los reactores para arsénico.	50
Fig. 3.8 Comparación entre los reactores para hierro.	51
Fig. 3.9 Comparación entre los reactores para cadmio.	52
Fig. 3.10 Comparación entre los reactores para sulfatos.	52

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla: 2.1. Composición del medio de cultivo Postage C.	32
Tabla: 2.2. Composición de solución para anaerobiosis.	33
Tabla: 3.1. Porcentaje (%) de remocion, reactor 1.	45
Tabla: 3.2. Porcentaje (%) de remocion, reactor 2.	45
Tabla: 3.3. Efecto del pH en el crecimiento bacteriano.	45
Tabla: 3.4 Resultados de comparacion con los dos tipos de reactores	

utilizados . 50

Lista de Anexos

	Pág.
Anexo 1: Mapa de ubicación de la mina.	58
Anexo 2: Rotulado para las muestras.	59
Anexo 3: Certificados.	60
Anexo 4: Fotografías	65

RESUMEN

Hoy en día los problemas generados sobre el medio ambiente por la explotación de los recursos naturales, especialmente los yacimientos de minerales, tienen repercusiones a nivel global, los minerales no metálicos como el carbón también generan aguas ácidas de mina, que contaminan el agua superficial y subterránea produciendo así impactos negativos sobre la flora, fauna de los ecosistemas acuáticos, terrestres y genera un impacto socioeconómico a las personas que habitan en el entorno.

Las Bacterias Sulfato Reductoras (BSR) son responsables de la producción de sulfuro de hidrógeno (H_2S) en anaerobiosis a partir de sulfatos y un donador de electrones. El sulfuro producido se puede utilizar para precipitar metales catiónicos divalentes, permitiendo la biorremediación de efluentes contaminados.

En el presente trabajo de investigación se desarrolla los fundamentos teóricos y experimentales de drenaje ácido de mina, pretendiéndose demostrar que empleando bacterias sulfato reductoras se puede lograr un tratamiento adecuado para el drenaje ácido de mina, generados en la mina LAR Carbón S.A. Finalmente se hace un análisis e interpretación de la información obtenida.

Se tomó una muestra representativa en el punto de monitoreo establecido por la empresa minera, para luego ser caracterizado y corroborar su acidez siendo analizado mediante el método ICP, en el Laboratorio SAG y laboratorio de Espectrometría de la Universidad Nacional de Ingeniería.

Como etapa preliminar se realizó un montaje experimental en el laboratorio de la Universidad Nacional del Callao con la finalidad de determinar las variables de operación para el experimento, y para tener un control operacional adecuado las pruebas experimentales se llevaron a cabo en el laboratorio de la Universidad Cayetano Heredia en el departamento de Biotecnología, las muestras obtenidas fueron analizadas antes, durante y después del tratamiento, lográndose la remoción de los metales y sulfatos presentes en el drenaje ácido de mina.

Con el tratamiento usando bacterias sulfato reductoras en los reactores se determinó que el sustrato de estiércol de vaca tuvo mayor eficiencia que el sustrato de oveja, para la remoción de los metales con sustrato de vaca se alcanzaron 99% de remoción de Arsénico, 94% de remoción de Hierro, 91% de remoción de Cadmio y respecto al sulfato se llegó a precipitar el 70% y con respecto a la remoción de metales con sustrato de oveja se alcanzaron 99% de remoción de As, 91% de remoción de Hierro, 79% de remoción de Cadmio y respecto al sulfato se llegó a precipitar el 68%.

ABSTRACT

Nowadays environmental problems generated by the exploitation of natural resources like mineral deposits have global impacts, also some non-metallic minerals like coal produce acid mine drainage which pollutes the superficial and underground water causing a negative impact on flora and aquatic, terrestrial ecosystem fauna besides generating a socioeconomic impact on people in the environment.

The Sulfate-reducing Bacteria (SRB) are responsible on the production of Hydrogen sulfide (H_2S) in anaerobiosis from sulfates and an electron donor. The obtained sulfide can be used to accelerate divalent metal cations allowing the bioremediation of contaminated effluents.

In this research assignment the theoretical and experimental fundamentals of acid mine drainage are developed aiming to show that using sulfate-reducing bacteria can achieve an appropriate treatment for the acid mine drainage, this was generated in LAR Carbón S.A mine. Finally an analysis and interpretation of the obtained data is made.

A representative sample was taken in the monitoring spot established by the mining company which later on is characterized and corroborates its acidity through the ICP method in SAG laboratory and National University of Engineering spectrometry laboratory (Peru.)

As a preliminary stage an experimental assembly was conducted at National University of Callao laboratory in order to determine the operating variables for the experiment and to have an appropriate operational control; the experimental tests were done at Cayetano Heredia University laboratory in the biotechnology department, the samples were analyzed before, during and after the treatment achieving the removal of the metals and sulfates featured in the acid mine drainage.

Using the sulfate-reducing bacteria during the treatment in reactors, it was established that the cow manure substrate has more effectiveness than the sheep substrate; for the metal removal using cow substrate there was 99% of arsenic removal, 94% of iron removal, 91% of cadmium removal; about the sulfate a precipitation of 70% was reached, regarding the metal removal using sheep substrate there was 99% removal of As, 91% of iron removal, 79% of cadmium removal and a propos of sulfate a precipitation of 68% was reached.