

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

*Trabajo de titulación previo
a la obtención del título
de Ingeniero Ambiental*

TRABAJO EXPERIMENTAL:

**“TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE BIODISCOS
EN LA PLANTA DE BENEFICIO REINA DEL CISNE, EL PACHE-
PORTOVELO-EL ORO”**

AUTORES:

BOANERGES RENÉ CORREA ALBUJA

JOSEPH MANUEL MOCHA APOLO

TUTOR:

LCDO. MANUEL ERNESTO DELGADO FERNÁNDEZ, PhD

CUENCA - ECUADOR

2021

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros, Boanerges René Correa Albuja con documento de identificación N° 0105244305 y Joseph Manuel Mocha Apolo con documento de identificación N° 1104976293, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales, en virtud de que somos autores del trabajo de titulación: **“TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE BIODISCOS EN LA PLANTA DE BENEFICIO REINA DEL CISNE, EL PACHE- PORTOVELO-EL ORO”**, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: *Ingeniero Ambiental* en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En la aplicación a lo determinado por la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca a la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, marzo del 2021



Boanerges René Correa Albuja

C.I. 0105244305



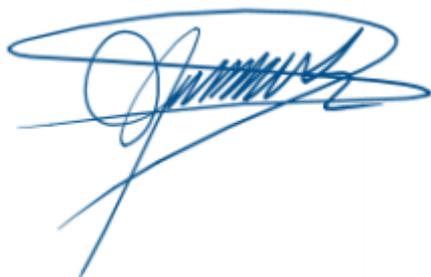
Joseph Manuel Mocha Apolo

C.I. 1104976293

CERTIFICACIÓN

Yo, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación:
“TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE BIODISCOS EN LA PLANTA DE BENEFICIO REINA DEL CISNE, EL PACHE- PORTOVELO-EL ORO”, realizado por Boanerges René Correa Albuja y Joseph Manuel Mocha Apolo obteniendo el *Trabajo Experimental*, que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, marzo del 2021

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Manuel Ernesto Delgado Fernández', written in a cursive style.

Manuel Ernesto Delgado Fernández, PhD.

C.I. 0102073780

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Boanerges René Correa Albuja con documento de identificación N° 0105244305 y Joseph Manuel Mocha Apolo con documento de identificación N° 1104976293, autores del trabajo de titulación: **“TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE BIODISCOS EN LA PLANTA DE BENEFICIO REINA DEL CISNE, EL PACHE- PORTOVELO-EL ORO”**, certificamos que el total contenido del *Trabajo Experimental*, es de nuestra responsabilidad y autoría.

Cuenca, marzo del 2021



Boanerges René Correa Albuja
C.I. 0105244305



Joseph Manuel Mocha Apolo
C.I. 1104976293

Dedicatoria

El presente trabajo se lo dedico principalmente a mis padres Boanerges Correa y Patricia Albuja por siempre apoyarme para continuar mis estudios, por estar siempre a mi lado y haberme brindado su sabiduría en cada momento.

A mis hermanas Estefanía, Hiara y Suri, por estar siempre presentes y haberme dado todo su apoyo y cariño.

A mi compañero de tesis Joseph Mocha, por haberme brindado su apoyo, por el gran trabajo en equipo hemos podido llegar a cumplir una meta más en nuestras vidas.

A mi novia Valentina León, por haber estado siempre conmigo en todo momento, por haberme ayudado a culminar la tesis, por todo su amor y alegría que me ayudaron a seguir adelante.

Boanerges Correa.

Dedicatoria

Le dedico esta tesis a todas las personas que creyeron en mí, que siempre me apoyaron con sus palabras de aliento, aquellas personas que conocí a lo largo de mis estudios los cuales se volvieron grandes amigos, en especial a mi esposa Andrea Armijos quien siempre estuvo ahí para apoyarme en mis estudios y mi hija quien es mi motor para seguir adelante.

A mis abuelitos Yolanda Romero y Manuel Apolo que siempre estuvieron al pendiente brindándome su apoyo y ayudándome con sus consejos.

Joseph Mocha.

Agradecimientos

Un fuerte agradecimiento al Dr. Ernesto Delgado, nuestro tutor de tesis, por su apoyo y tiempo brindado, por habernos ayudado en todo lo que necesitábamos gracias a su conocimiento sobre el tema.

Agradecemos a la Universidad Politécnica Salesiana por permitirnos realizar nuestra investigación en sus laboratorios, de manera especial a la Sra. Mónica Espadero.

Agradecemos al dueño de la planta de beneficio Franklin Motoche, por su colaboración y sus prestaciones que hicieron posible la realización de este trabajo de titulación.

Nuestro agradecimiento al laboratorio MSV análisis de alimentos, aguas y suelo, por habernos ayudado para el desarrollo de nuestra investigación.

Boanerges Correa y Joseph Mocha.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN	16
1.1. Problema	16
1.2. Delimitación del área de estudio	17
1.2.1. El Pache–Portovelo-El Oro-Ecuador	17
1.2.1.1. Antecedentes	17
1.2.1.2. Planta de beneficio “Reina del Cisne”	18
1.2.2. Delimitación temporal	23
1.2.3. Delimitación sectorial	23
1.3. Identificación de la problemática	23
1.4. Objetivos	23
1.4.1. Objetivo General	23
1.4.2. Objetivos Específicos	23
1.5. Fundamentación teórica	24
1.5.1. Marco legal	24
1.5.1.1. Constitución del Ecuador	24
2. MARCO TEÓRICO	25
2.1. Importancia del recurso hídrico	25
2.1.1. Ciclo Hidrológico	25
2.1.2. Propiedades del agua	26
2.1.3. Calidad del agua	26
2.1.4. Fuentes de contaminación	27
2.1.5. Principales contaminantes del agua	27
2.2. La minería en Ecuador y el mundo	29
2.2.1. Historia	29
2.2.2. La minería en Ecuador	31
2.2.3. Las Concesiones mineras en Ecuador	32
2.2.3.1. Minería artesanal	32
2.2.3.2. Pequeña minería	33
2.2.3.3. Minería a mediana y gran escala	33
2.2.3.4. Plantas de beneficio	34
2.2.4. El Cantón Portovelo y la minería	34
2.2.4.1. Antecedentes	34
2.2.4.2. Datos generales del cantón Portovelo	36
2.2.4.3. Recursos mineros del cantón Portovelo	37
2.2.4.4. Contaminación de los ríos del cantón Portovelo	38
2.3. Cianuro de sodio (NaCN)	39
2.3.1. Degradación del cianuro en el agua	41
2.3.2. Cianuro en la industria	41
2.3.3. Toxicocinética del cianuro	42
2.3.3.1. Absorción	42
2.3.3.2. Distribución	42
2.3.3.3. Excreción	43
2.3.4. Contaminación industrial por cianuro	43
2.4. Cianuro en el medio ambiente	44
2.4.1. Degradación de sales de cianuro	44

2.4.2.	Límites permisibles de exposición al cianuro según agencias internacionales	46
2.5.	Biorremediación de sales de cianuro	47
2.5.1.	Vías de degradación de cianuro	48
2.5.1.1.	Reacciones oxidativas	49
2.5.1.2.	Reacciones de sustitución y transferencia	50
2.6.	Biodegradación de sales de cianuro	51
2.6.1.	<i>Pseudomonas sp.</i>	51
2.6.2.	<i>Pseudomonas sp</i> como agentes de control ambiental y de biorremediación	51
2.6.3.	Generalidades de <i>Pseudomonas sp.</i>	52
2.6.3.1.	Taxonomía	53
2.6.3.2.	Morfología y estructura	53
2.6.3.3.	Reproducción	53
2.6.3.4.	Patogenicidad	54
2.6.4.	<i>Pseudomonas Fluorescens</i> ATCC 49838.	54
2.6.5.	<i>Trichoderma sp.</i>	55
2.6.5.1.	Reproducción de <i>Trichoderma sp.</i>	55
2.6.5.2.	Características macroscópicas	55
2.6.5.3.	Características microscópicas	56
2.6.6.	Factores que afectan al crecimiento	56
2.6.6.1.	Temperatura	56
2.6.6.2.	Humedad óptima	56
2.6.6.3.	Requerimiento de oxígeno	57
2.6.6.4.	pH óptimo	57
2.6.6.5.	Requerimiento de luz	57
2.6.7.	<i>Trichoderma harzianum</i>	57
2.6.7.1.	El aislado fúngico <i>Trichoderma harzianum</i> y el cianuro	59
2.7.	Sistema de biodiscos	59
2.7.1.	Principios del funcionamiento de un sistema de biodiscos	60
2.7.2.	Biopelícula de un sistema de biodiscos	61
2.7.3.	Instalaciones físicas de un sistema de biodiscos	62
2.7.3.1.	Ejes de un sistema de biodiscos	62
2.7.3.2.	Medio de soporte (discos) en un sistema de biodiscos	62
2.7.3.3.	Mecanismo de transmisión de un sistema de biodiscos	62
2.7.3.4.	Cerramientos de un sistema de biodiscos	62
2.7.4.	Ventajas del uso de un sistema biodiscos	63
2.7.5.	Desventajas del uso de un sistema de biodiscos	63
3.	MATERIALES Y MÉTODOS	64
3.1.	Ubicación del lugar de ensayo	64
3.2.	Método analítico para determinar la concentración del cianuro de sodio (NaCN) en agua	64
3.3.	Emplazamiento del sistema de biodiscos	64
3.4.	Inóculos de <i>Pseudomonas fluorescens</i> ATCC 49838	67
3.5.	Inóculos de <i>Trichoderma harzianum</i>	67
3.6.	Aplicación de los inóculos en el sistema de biodiscos	68
3.7.	Muestreo	69
3.8.	Análisis estadístico	69

4. RESULTADOS	70
4.1. Resultados de la degradación de NaCN mediante los aislados <i>P. Fluorescens</i> ATCC 49838 y <i>T. harzianum</i>	70
4.2. Análisis de la degradación de cianuro de sodio (NaCN)	71
4.3. Análisis estadístico	74
5. CONCLUSIONES	77
6. BIBLIOGRAFÍA	79
7. ANEXOS	16

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Uso de los minerales a través del tiempo	30
Tabla 2. Datos generales del cantón Portovelo.....	37
Tabla 3. Coordenadas UTM y geográficas del punto de muestreo.....	64
Tabla 4. Inóculos implementados en el sistema de biodiscos	68
Tabla 5. Resultados de los análisis de las muestras.....	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación del cantón Portovelo	18
Figura 2. Procesamiento de material pétreo	19
Figura 3. Proceso de triturado	19
Figura 4. Proceso de agitación	20
Figura 5. Relavera agua residual con cianuro	21
Figura 6. Relavera procedente de molinos	22
Figura 7. Mapa de ubicación de la Planta de Beneficio Reina del Cisne	22
Figura 8. Concesiones mineras del cantón Portovelo.....	38
Figura 9. Información general del Cianuro de Sodio	40
Figura 10. Composición del Cianuro de Sodio	40
Figura 11. Propiedades físicas y químicas del Cianuro de Sodio	40
Figura 12. Trichoderma harzianum	58
Figura 13. Observaciones morfológicas (macro –microscópicos)	58
Figura 14. Sistema de biodiscos para tratamiento secundario.....	61
Figura 15. Dimensiones del sistema de biodiscos	65
Figura 16. Sistema de biodiscos en fase de mantenimiento	66
Figura 17. Instalación y adecuación del sistema de biodiscos	66
Figura 18. Sistema de biodiscos funcionando	67
Figura 19. Aplicación de inóculos al sistema de biodiscos	69
Figura 20. Degradación de NaCN mediante <i>P. fluorescens</i> ATCC 49838 en un periodo de tiempo de 30 días	71
Figura 21. Degradación de NaCN mediante <i>T. harzianum</i> , en un periodo de tiempo de 30 días.....	72

Figura 22. Degradación de NaCN mediante el consorcio microbiano entre P. Fluorescens ATCC 49838 y T. harzianum en un periodo de tiempo de 30 días.	73
Figura 23. Gráfica de evaluación de tratamientos	75
Figura 24. Gráfica de cajas- degradación del cianuro	76

RESUMEN

El cantón Portovelo desde 1986 es una zona de interés económica en cuanto a la exploración y explotación del recurso minero. En esta actividad productiva se utilizan sales de cianuro para desprender el oro que se encuentra incrustado en el material pétreo, dando como resultado una contaminación excesiva del recurso hídrico, puesto a que no existe un tratamiento eficaz del agua residual de procedencia minera.

En base a lo expuesto en este estudio se realizó una valoración de la capacidad de biodegradación de cianuro de sodio (NaCN), mediante un sistema de biodiscos y la aplicación de inóculos de las cepas *Pseudomonas fluorescens* ATCC 49838 y *Trichoderma harzianum*, obteniendo una reducción en la concentración del 99,62% para la bacteria, 99,67% para el consorcio y 99,71 % para el hongo, respecto a la muestra inicial de 258 mg/l. Finalmente en el análisis estadístico se evidencia diferencia significativa entre los grupos de datos, con especial atención al aislado fúngico *Trichoderma harzianum*.

Palabras claves: Lixiviados, cianuro, biodiscos, hongo *Trichoderma harzianum*, *Pseudomonas fluorescens* ATCC 49838, consorcio microbiano.

ABSTRACT

Since 1986, the Portovelo canton has been an area of economic interest in terms of exploration and exploitation of the mining resource. In this production activity, cyanide sales are used to detach the gold that is embedded in the stone material, resulting in excessive contamination of the water resource, since there is no effective treatment of mining wastewater.

Based on what was stated in this study, an assessment of the biodegradation capacity of sodium cyanide (NaCN) was carried out through a biodisc system and the application of inocula of the strains *Pseudomonas fluorescens* ATCC 49838 and *Trichoderma harzianum*, obtaining a reduction in the concentration of 99,62% for the bacteria, 99,67% for the consortium and 99,71% for the fungus, with respect to the initial sample of 258 mg/l. Finally, the statistical analysis shows a significant difference between the data groups, with special attention to the fungal isolate *Trichoderma harzianum*.

Keywords: Leachate, cyanide, biodisks, *Trichoderma harzianum* sp fungus, *Pseudomonas Fluorecens* ATCC 49838, microbial consortium.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Problema

La industria minera en la actualidad es de gran importancia para la economía mundial respecto con otras actividades productivas, por tal motivo, las empresas mineras han tenido que adaptar diversas técnicas para su exploración y explotación, las mismas que en la mayoría de casos son precarias (GONZÁLEZ, 2018). Es importante mencionar que, toda actividad económica provoca un impacto, generando problemas sociales y ambientales como son: la contaminación del suelo y agua, e incluso la pérdida de ecosistemas, sin embargo, se busca que la afectación al ambiente sea mínima (Dash, 2010).

Por tal motivo la biorremediación de ambientes contaminados con metales pesados, es un tema de preocupación e interés del gobierno puesto que los contaminantes en el medio presentan un auge exponencial de alteración en los cuerpos de agua y suelos, de igual manera la descarga excesiva de lixiviados con altos contenidos de metales constituye una problemática global que debe ser controlada (SUÁREZ, 2014).

Cabe recalcar que uno de los compuestos utilizados en la extracción de oro son las sales de cianuro (KCN y NaCN), que provoca niveles altos de contaminación en el suelo y fuentes de agua, capaz de afectar o destruir hábitat debido a su alto grado de toxicidad y acumulación en los organismos formando complejos con metales (Fe^{2+} , Mn^{2+} y Cu^{2+}) que actúan como cofactor de enzimas (Johnson, 2015). Con esta problemática ambiental, es necesario encontrar métodos alternativos, como es el uso de biotecnologías (biorremediación y fitorremediación) que nos ayuden a revertir suelos y aguas afectados por la contaminación del cianuro (Pirc, 2012).

Las aplicaciones biotecnológicas ambientales son un conjunto de alternativas y recursos que buscan dar solución al impacto de ciertas actividades productivas. Para este caso el uso de biodiscos y aislados de microorganismos que tienen el propósito de disminuir la concentración de cianuro de sodio (NaCN) en aguas contaminadas por la minería. Este proyecto se desarrolló en dos fases, el trabajo *in vitro* en los laboratorios Ciencias de la Vida de la UPS y el trabajo experimental en sector El Pache-Portovelo-El Oro-Ecuador.

1.2. Delimitación del área de estudio

1.2.1. El Pache-Portovelo-El Oro-Ecuador

1.2.1.1. Antecedentes

Portovelo es un cantón de la provincia de El Oro, ubicado en Ecuador, recibió su nombre en la época de la colonia por su semejanza con otros pueblos de nombre similar en Panamá en los que buscaban oro, siendo además la orografía¹ muy semejante. Portovelo fue fundado aproximadamente en 1986 como campamento minero (año de inicio de operaciones de la empresa americana South American Development Company – “SADCO”), lo que lo llevo a ser un Estado dentro de otro Estado, es decir intentaron apropiarse de lo que ahora se conoce como parte alta de El Oro, imponiendo sus leyes y costumbres e incluso sacaron su propia moneda llamada “El Paterson”, sin embargo, la empresa minera SADCO por motivos políticos de signo nacionalista, cerró sus operaciones y abandonó Portovelo en 1950; dando paso a la creación de la compañía CIMA (Compañía Industrial Minera Asociada), hasta la década de los 70 (Armijos, 2019).

A partir de las actividades generadas por la empresa CIMA se generó la denominada “minería artesanal”, que se mantiene hasta la actualidad, siendo la actividad económica

¹ Orografía: se refiere al conjunto de elevaciones y montañas existentes de una zona, región o país.

principal del cantón. De acuerdo a ARCOM² la producción de oro en el año 2017 fue de 2.285.852,96 gramos de oro aproximadamente (ARCOM, 2020).

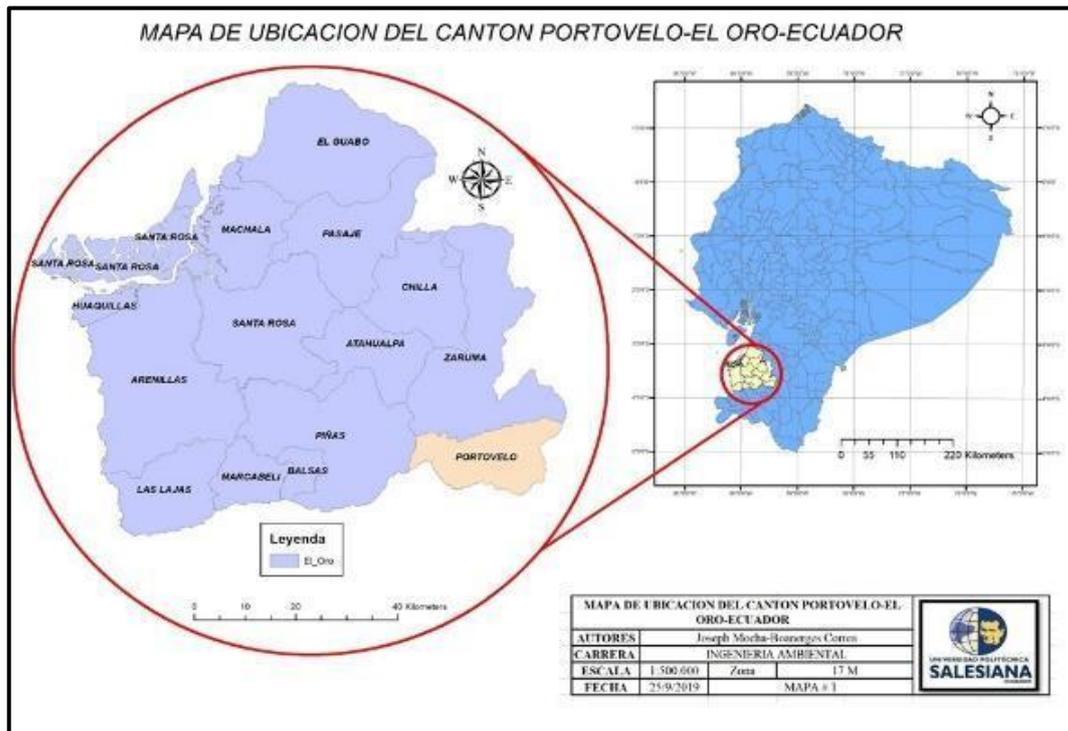


Figura 1. Mapa de ubicación del cantón Portovelo

Fuente: Autores

1.2.1.2. Planta de beneficio “Reina del Cisne”

La planta de beneficio “Reina del Cisne” se encarga de procesar el material pétreo que se extrae de la zona, la Planta se ubica en el cantón Portovelo, sector Puente Negro vía a Piñas, comenzó sus actividades en el año 2007 y se mantiene hasta la actualidad, cuenta con una extensión de 4300 m². Dentro de sus activos cuenta con 4 molinos, 5 tanques de agitación o cianuración, 1 tanque de elución y dos relaveras:

En el molino se receipta el material pétreo el cual es triturado y enviado a las relaveras.

² ARCOM: Agencia de regulación y control minero.



Figura 2. Procesamiento de material pétreo

Fuente: Autores



Figura 3.Proceso de triturado

Fuente: Autores

En los tanques de agitación se agrega el cianuro de sodio y ácido nítrico, los cuales tienen como función diluir el oro a tal grado de convertirlo en líquido, luego de realizado este procedimiento, se incorpora el carbón para recoger el oro, a este proceso se lo conoce comúnmente como carbón preñado.



Figura 4.Proceso de agitación

Fuente: Autores

Luego de recoger el “carbón preñado³” de los tanques de agitación este es llevado al tanque de elución donde se separa el oro del carbón mediante NaCN , HNO_3 y $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ (cianuro de sodio, ácido nítrico y alcohol etílico, estos elementos son disueltos en 7 metros cúbicos de agua que se calienta a 90°C) posteriormente pasa por filtros en donde se retira el carbón; quedando solo el oro líquido, finalmente el concentrado pasa al área de fundición en donde se quema y se refina el oro.

³ Carbón preñado: Término minero que denota la acumulación de oro que se encuentra en el carbón.

Una de las relaveras⁴ recoge el agua residual proveniente de los tanques de agitación en donde por acción de la gravedad se separa la parte sólida de la líquida. Cierta parte del agua residual es reutilizada para repetir nuevamente el proceso de extracción del oro mientras que la otra parte es expulsada al río, por otro lado, la parte sólida es llevada en volquetas a las relaveras comunitarias.



Figura 5.Relavera agua residual con cianuro

Fuente: Autores

En otra relavera se recoge el agua de los molinos, se hace un proceso de sedimentación y posteriormente se arroja al río Calera, la parte sólida se traslada a tanques de agitación para realizar la extracción de oro.

⁴ Relavera: Conjunto de desechos de procesos mineros de la concentración de minerales.



Figura 6. Relavera procedente de molinos

Fuente: Autores

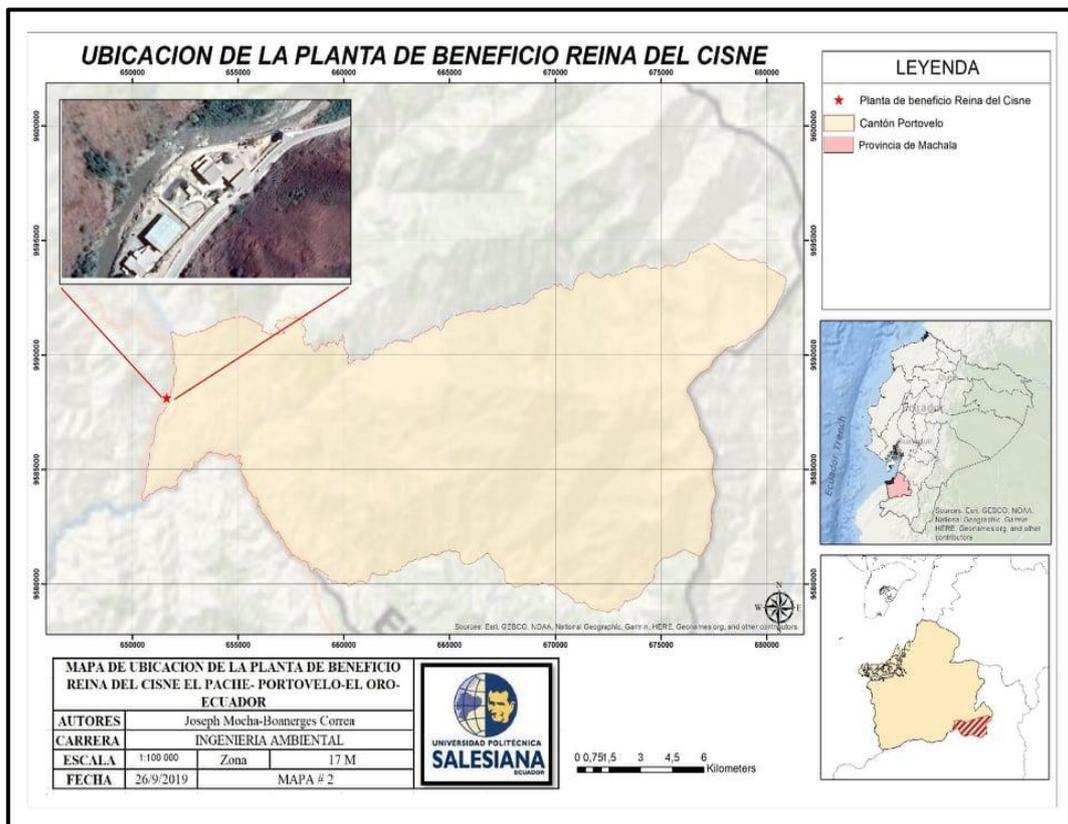


Figura 7. Mapa de ubicación de la Planta de Beneficio Reina del Cisne

Fuente: Autores

1.2.2. Delimitación temporal

El presente estudio se hizo en un periodo de 9 meses, la fecha de inicio fue el 24 de septiembre del 2019 hasta el mes de noviembre del año 2020.

1.2.3. Delimitación sectorial

El proyecto de investigación denominado: “Tratamiento de aguas residuales mediante biodiscos en la planta de beneficio Reina del Cisne, el Pache-Portovelo-El Oro”, se desarrolló en los laboratorios Ciencias de la Vida de la Universidad Politécnica Salesiana y la planta de beneficio “Reina del Cisne”.

1.3. Identificación de la problemática

La contaminación de agua con cianuro de sodio (NaCN), que se utiliza en la actividad minera en el cantón Portovelo ha llegado a alcanzar cifras alarmantes, se estima que se utiliza hasta 40.000 toneladas de esta sustancia al mes aproximadamente (GAD-Municipal del Cantón Portovelo, 2019).

En base a lo expuesto se establecen los siguientes objetivos:

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Evaluar la reducción del cianuro de sodio presente en efluentes mineros a través de biodiscos y las cepas: *Pseudomonas fluorescens* ATCC 49838 y *Trichoderma harzianum*.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Diseñar e implementar un sistema de biodiscos.

Analizar y valorar el efecto de la cepa *Pseudomonas fluorescens* ATCC 49838 y *Trichoderma harzianum* *in vitro* y en campo.

- Analizar el efecto de los consorcios microbianos: *Pseudomonas fluorescens* ATCC 49838 y *Trichoderma harzianum* en la biodegradación del cianuro de sodio.

1.5. Fundamentación teórica

1.5.1. Marco legal

1.5.1.1. Constitución del Ecuador

Para la descarga de efluentes a cuerpos agua, se menciona que la empresa deberá mantener un registro de los efluentes generados, indicando el caudal, frecuencia de descarga, tratamiento aplicado a los efluentes, análisis de laboratorio y la disposición de los mismos, identificando el cuerpo receptor (TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION Y MEDIO AMBIENTE, 2018).

Según el TULAS en cuanto al tratamiento de aguas señala: que las aguas descargadas que no cumplan con los parámetros establecidos en esta norma, deberán contar con un tratamiento convencional, determinando su origen ya sea público o privado. Por lo tanto, los sistemas de tratamiento deben ser modulares, evitándose de esta manera la paralización de las unidades de tratamiento (TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION Y MEDIO AMBIENTE, 2018).

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Importancia del recurso hídrico

El agua cubre más del 70% de la superficie terrestre, el 97,5% se encuentra en los océanos y mares, mientras que el 2,5% representa el agua dulce (Cirelli, 2012). Es un recurso renovable pero finito, se calcula que al año se evaporan aproximadamente 505.000 Km³ de agua de los océanos, sin embargo, la mayor parte se precipita nuevamente sobre los mismos océanos, no pudiendo ser utilizada como recurso de agua dulce, este movimiento masivo de agua causado principalmente por la energía solar, se denomina ciclo hidrológico, el cual es un proceso complejo que incluye escurrimiento, evapotranspiración, precipitación e infiltración (Peral, 2006).

2.1.1 Ciclo Hidrológico

El ciclo hidrológico involucra un proceso de transporte circulatorio permanente, este movimiento del ciclo se debe principalmente a dos razones: primero, el sol que proporciona energía para elevar el agua (evaporación); el segundo, es la gravedad de la tierra la cual provoca una caída del agua condensada (precipitación) (Gálvez, 2015).

- **Precipitación.** – Se denomina precipitación a toda agua que cae sobre la superficie de la tierra, tanto en forma líquida (lluvia), sólida (nieve) y precipitaciones ocultas (rocío), las cuales son causadas por cambios de temperatura o presión. Para la formación de la precipitación se requiere la condensación del vapor de agua, esto conlleva a la saturación que es una condición esencial para desbloquear la condensación.
- **Evaporación.** - Se define como el proceso mediante el cual el agua en estado líquido pasa a estado gaseoso. Uno de los requerimientos para ello es, que la humedad de la

atmósfera debe ser menor que la superficie de evaporación, este proceso requiere grandes cantidades de energía provenientes del sol.

- **Escorrentía.** – Es la porción de lluvia que no se infiltra, intercepta ni evapora, sino que fluye sobre las laderas (Llerena, 2009).

2.1.2. Propiedades del agua

- Dentro de los límites naturales de presión y temperatura, el agua existe en tres fases: sólida, líquida y gaseosa.
- Tiene una alta capacidad calorífica y puede absorber calor sin aumentar excesivamente su temperatura.
- No tiene color, olor ni sabor y se expande cuando se congela.
- El agua es conocida como solvente universal, ya que disuelve más sustancias que cualquier otro líquido.
- Posee una alta tensión superficial, por lo que es pegajosa y elástica, también tiende a unirse en gotas en lugar de separarse. La tensión de la superficie es responsable de la acción capilar, es decir que el agua pueda moverse a través de las raíces de plantas y a través de pequeños vasos sanguíneos (Frioni, 2011)

2.1.3. Calidad del agua

Término utilizado para describir las características físicas, químicas y biológicas de un cuerpo de agua, la calidad dependerá tanto de los factores naturales como de la acción humana (Gómez, 2013). Existen estándares específicos en función de los usos del agua, para ello se utilizan parámetros tales como: la temperatura, conductividad, turbidez, pH y oxígeno disuelto para su análisis. Otras medidas se enfocan en los nutrientes, sólidos disueltos totales, metales pesados, patógenos y compuestos orgánicos (UNICEF, 2015).

2.1.4. Fuentes de contaminación

- **Fuentes naturales.** – Depende de la topografía por la que fluye el agua, puede contener componentes naturales como: calcio, hierro, manganeso, etc., debido a la interacción con la atmósfera y suelo.
- **Fuentes artificiales.** – El desarrollo industrial conjuntamente con las actividades humanas ha dado lugar a la presencia de componentes nocivos para el ambiente y organismos, debido a la emisión de sustancias peligrosas siendo difíciles de eliminar (Wong & Barrera., 2014).

2.1.5. Principales contaminantes del agua

Existen diversos contaminantes del agua, de los cuales se clasifican en ocho grupos:

- **Microorganismos patógenos.** - En este grupo se encuentran virus, protozoos, bacterias y otros organismos que pueden transmitir enfermedades como: gastroenteritis, hepatitis, cólera, entre otros. En los países subdesarrollados las enfermedades generadas por estos patógenos son uno de los motivos más importantes de muerte prematura, sobre todo de niños.

Normalmente estos microbios llegan al agua en las heces y otros restos orgánicos que producen las personas infectadas, por esto, un buen índice para medir la salubridad de las aguas, en lo que se refiere a estos microorganismos, es el número de bacterias coliformes presentes en el agua. La OMS recomienda que en el agua para beber haya 0 colonias de coliformes por 100 ml de agua.

- **Desechos orgánicos.** - Son residuos orgánicos generados por humanos, ganado, etc., incluyen heces y otros materiales que pueden ser descompuestos por bacterias aeróbicas, es decir en procesos con consumo de oxígeno, cuando este tipo de desechos se encuentran en exceso, la proliferación de bacterias agota el oxígeno, y ya no pueden

vivir en estas aguas peces y otros seres vivos que necesitan oxígeno. Existen índices para medir la contaminación por desechos orgánicos siendo la cantidad de oxígeno disuelto, OD, en agua, o la DBO (Demanda Biológica de Oxígeno).

- **Sustancias químicas inorgánicas.** - En este grupo podemos encontrar sales, ácidos, metales tóxicos como el plomo y el mercurio, que su ingesta o exposición en grandes cantidades causa daños a los seres vivos.
- **Nutrientes vegetales inorgánicos.** - Los nitratos y fosfatos; son sustancias solubles que las plantas necesitan para su desarrollo, pero si se encuentran en cantidades excesivas aumenta el crecimiento de algas y otros organismos provocando la eutrofización.
- **Compuestos orgánicos.** - Las moléculas orgánicas como petróleo, gasolina, plásticos, plaguicidas, etc., son sustancias que pueden permanecer largos periodos en el agua, al ser productos fabricados por el hombre, tienen estructuras moleculares complejas difíciles de degradar por los microorganismos.
- **Sedimentos y materiales suspendidos.** - Son partículas provenientes del suelo que no se disuelven fácilmente en el agua, estas partículas generan turbidez que dificultan la vida de algunos organismos bajo el agua.
- **Sustancias radiactivas.** - Isótopos radiactivos (radón, torio, uranio, etc) solubles pueden estar presentes en el agua y, a veces, se pueden ir acumulando en las cadenas tróficas durante largos periodos de tiempo, alcanzando concentraciones considerablemente altas afectando la biota.
- **Contaminación térmica.** - El agua caliente liberada por centrales de energía o procesos industriales eleva la temperatura de ríos o embalses con lo que disminuye su capacidad de contener oxígeno y afecta a la vida de los organismos (García G. , 2010).

2.2. La minería en Ecuador y el mundo

2.2.1. Historia

Esta actividad se extiende desde tiempos prehistóricos hasta la actualidad, esta puede haber sido la segunda actividad más antigua del mundo; sosteniendo que la primera es la agricultura, dado que ambas iban de la mano. La minería ⁵es considerada como un pilar fundamental en la civilización moderna, debido a que proporciona los materiales esenciales para la tecnología actual (Mesquita, 2015).

En la edad de piedra (4000 A.C) el homo-sapiens desarrolló herramientas para facilitar las labores en la agricultura la caza y defensa, dando como resultado las primeras herramientas elaboradas a base de minerales como el pedernal (una forma particular del cuarzo); según evidencias encontradas en las diferentes partes del mundo (Chavez, 2017).

Es razonable suponer que el oro fue el primer metal que nuestro antepasado supo beneficiar, debido a su llamativa belleza que resaltada entre los demás, a esto se le sumaba su condición de blando y maleable como para facilitar la confección de adornos destacando la condición social o jerárquica de su poseedor (Chavez, 2017).

Posteriormente en la edad de bronce (4000 a 6000 A.C) y la edad de hierro (1500 A.C a 1780 D.C), el hombre primitivo descubrió la fundición de los minerales para realizar los primeros objetos hechos de dichos sólidos (oro, plata, cobre) y con esto se fueron puliendo dichas técnicas; no se tienen registros del lugar de creación de los primeros artilugios, pero se cree que fue en Egipto, puesto a que se evidencian recipientes y sarcófagos elaborados a base de oro puro y otros metales preciosos (Kogel, 2013). En diferentes civilizaciones alrededor de todo el mundo también se han encontrado objetos

⁵ Minería: Es la actividad económica que comprende el proceso de extracción, explotación y aprovechamiento de minerales en yacimientos que se hallan en la superficie terrestre con fines comerciales.

hechos de minerales preciosos entre estos tenemos los siguientes: Romanos, Persas, los Mayas, Incas, entre otros (Lull, 2017).

La minería en la edad media se enfocó en la obtención de cobre, hierro, oro y otros metales preciosos que inicialmente se extraían a través de minas a cielo abierto y de poca profundidad; desencadenando una demanda excesiva del hierro y finalmente la crisis de la plata, debido a que dichas minas habían alcanzado su límite de profundidad y no podían ser drenadas con la tecnología disponible (Chavez, 2017). En consecuencia, la extracción de minerales ha ido evolucionando a lo largo de los siglos, pasando de pequeñas actividades artesanales a las grandes multinacionales que existen en la actualidad (Lopez, 2019).

Tabla 1. Uso de los minerales a través del tiempo

Necesidad o uso	Propósito	Edad
Herramientas y utensilios	Alimentos, abrigo	Prehistórico
Armas	Caza, defensa, la guerra	Prehistórico
Adornos y decoración	Joyas, cosméticos, tinte	Antiguo
Moneda	Intercambio monetario	Temprano
Estructura y dispositivos	Refugio, transporte	Temprano
Energía	Calor, potencia	Medieval
Maquinaria	Industria	Moderno
Electrónica	Informática, comunicaciones	Moderno
Fisión nuclear	Poder, la guerra	Moderno

Fuente: (Howard & Jan, 2002)

2.2.2. La minería en Ecuador

Esta actividad productiva se evidencia con los primeros asentamientos culturales establecidos a lo largo del territorio alrededor de los años 3500 – 1800 a.C, la primera civilización registrada en el periodo formativo fue la cultura Valdivia, la cual se asentó en la Península de Santa Elena (García E. , 2017).

En las provincias de Los Ríos, Manabí y El Oro sus habitantes eran cazadores especializados, las armas que utilizaban fueron fabricadas con materiales líticos⁶ resistentes como el basalto, obsidiana, entre otros, los cuales eran extraídos de forma artesanal (Ayala, 2013).

Tiempo después se mejoró la obtención de los minerales dando paso hacia los procesos de la metalurgia⁷ con la extracción de oro y cobre en la región costa y sierra; posteriormente la cultura Tolita (500 a.C. - 500 d.C.) localizada en Esmeraldas, desarrolló intensamente la metalurgia, destacándose por sus trabajos bien elaborados en oro y tumbaga⁸ (García E. , 2017).

Otra cultura que se destaca por haber labrado con perfección el oro y plata es la Cañari, puesto a que se registra una muestra clara de la metalistería antigua en la máscara de oro encontrada en el año de 1940 en Chunucari, cercano al cantón Sígsig, siendo adoptada como emblema del banco central del Ecuador (Antonio, Vicente, & Lenin, 2017). Para realizar la extracción de metales preciosos, las civilizaciones precolombinas desarrollaron técnicas conocidas como bateaje⁹ y exploración superficial, empleando un sistema de

⁶ Lítico: pieza tallada en piedra

⁷ Metalurgia: Conjunto de técnicas para extraer los metales contenidos en los minerales y transformarlos.

⁸ Tumbaga: Aleación de oro o plata con cobre, que se complementan con piedras preciosas y semipreciosas como la esmeralda, turquesa y cuarzo.

⁹ Bateaje: En la primera técnica se extraía principalmente el oro en polvo o las pepitas desde los ríos. Agitaban el agua y con bateas recogían la tierra la que lavaban varias veces hasta recobrar el metal.

trabajo minero conocido como “mita¹⁰”. A mediados del siglo XV, el Ecuador contaba con yacimientos de minerales principalmente oro, plata, cobre, piedras preciosas y obsidiana¹¹ (García E. , 2017).

Entre la década de 1530 y 1590 aproximadamente, con la llegada de los españoles se dio el saqueo de oro de los pueblos aborígenes en donde la extracción de minerales preciosos fue intensa (Ayala, 2013).

2.2.3. Las Concesiones mineras en Ecuador

Una concesión minera es un acto administrativo otorgado a una persona para la exploración de minerales que existen dentro del perímetro de un terreno determinado. En Ecuador, la minería primaria se desarrolla a gran escala, pequeña escala y artesanal especialmente en las provincias: El Oro, Azuay y Zamora Chinchipe (Ministerio de Minería, 2017). Es así que, según el Plan Nacional de Desarrollo Minero, de la producción total de oro durante 2014, el 78% proviene de actividades relacionadas con la pequeña minería y el 22% de la minería artesanal (Banco Central del Ecuador, 2017).

La superficie actual concesionada de minería artesanal ecuatoriana es de 10.979,7 ha., sin tomar en cuenta las áreas naturales (Ministerio de minería, 2017).

2.2.3.1. Minería artesanal

La minería artesanal ha generado diversos puestos de trabajo a miles de personas en nuestro país, sin embargo, se caracteriza por un bajo nivel técnico, condiciones laborales inestables, bajo rendimiento productivo, falta de conocimiento tecnológico y escasa formalización legal e institucional (Ministerio de minería, 2017).

¹⁰ Mita: sistema de trabajo obligatorio utilizado en la Región Andina, tanto en la época incaica, como en la anterior a la conquista española de América.

¹¹ Obsidiana: roca volcánica perteneciente al grupo de los silicatos.

2.2.3.2. Pequeña minería

Actividad que se caracteriza por incorporar criterios de planificación técnica, a la vez que utilizan equipos y maquinaria modernos tanto para las perforaciones, voladuras, trituración, molienda, transporte y recuperación de minerales, la pequeña minería contribuye el 90% de la extracción de oro en Ecuador (Ministerio de minería, 2017).

2.2.3.3. Minería a mediana y gran escala

Se determinan por el volumen de explotación, el tamaño de la inversión y las hectáreas otorgadas para la exploración y explotación de yacimientos minerales. A diferencia de la pequeña minería estas se encuentran conformadas por empresas públicas o privadas (Ministerio de energía y recursos naturales no renovables, 2020). Entre sus principales características están la capacidad de producción, la tecnología utilizada y el número de obreros; de acuerdo a estos factores se difiere una de la otra.

Actualmente en Ecuador se encuentran proyectos de minería a mediana escala en desarrollo, como son:

- Proyecto “Cerro verde” ubicado en Celica-Loja; minería a cielo abierto.
- Proyecto “Río blanco” ubicado en la provincia de Azuay; actualmente se encuentra suspendido (Ministerio de minería, 2017).

Por otro lado, entre los proyectos de minería a gran escala se destacan los siguientes:

- San Carlos Panantza (Morona Santiago)
- Mirador (Zamora Chinchipe)
- Fruta del Norte (Zamora Chinchipe)
- Loma Larga (Azuay)

2.2.3.4. Plantas de beneficio

Son infraestructuras físicas donde se realizan procesos para la recuperación del mineral mediante el material pétreo extraído de la mina, incluye etapas de molienda, fundición, trituración, refinación de los minerales principales y secundarios (Ministerio de minería, 2017).

Algunas compañías internacionales han ingresado al país nuevas tecnologías, tecnificando los procesos, aprovechando de una manera más eficiente el material extraído, mejorando la técnica de refinación (GAD municipal del cantón Portovelo, 2018).

2.2.4. El Cantón Portovelo y la minería

2.2.4.1. Antecedentes

En 1528 los españoles asentados en Perú, examinaron las aguas del que hoy se conoce como río Puyango, encontrando altas concentraciones de oro por lo que decidieron seguir sus aguas hasta ubicar la fuente que los nutría, llegando a un valle que se encontraba entre dos grandes montañas, mismas que eran atravesadas por un río al cual se le dio el nombre de “Río Amarillo”; debido al oro que encontraron en sus orillas. Posteriormente a este lugar se le bautizó con el nombre de Portovelo; por tener grandes semejanzas topográficas con un puerto panameño, estableciendo definitivamente así un campamento en las orillas del río. Más adelante debido al clima malsano del lugar, el centro poblado español se ubicaría de manera definitiva en territorios de la zona alta en lo que hoy conocemos como Zaruma (Cortazar & Lavanda, Portovelo Cuenta su Historia, 2008).

En 1549 Portovelo fue nombrado asentamiento minero por los españoles, formándose un asentamiento con el secuestro de indígenas que se hallaban dispersos en todas las partes

del país (GAD Municipal del Cantón Portovelo, 2010). El horror de las mitas¹² que tuvo Portovelo y Zaruma fue casi apocalíptico, donde se sacrificó sin piedad a millares de indígenas hasta el punto de agotamiento (Muñoz, 2015, págs. 56-57).

En 1896, la empresa transnacional de origen norteamericano, South American Development Company (SADCO), inicia sus operaciones mineras en el área, y crea lo que se llamó el Campamento Minero de Portovelo, en este tiempo fue donde se extrajo el mayor volumen de oro, pues se llegó a tener 70 minas y una gran planta de procesamiento industrial de minerales (Cortazar & Lavanda, Portovelo Cuenta su Historia, 2008, págs. 39-40).

Cabe resaltar que Portovelo fue el primer poblado con un cinema y planta eléctrica propia, además de tener un campo de aterrizaje, así como también se acuñó una moneda llamada “*El Paterson*” que se usó en diferentes transacciones en la región (Cortazar & Lavanda, Portovelo Cuenta su Historia, 2008, pág. 45). La primera gran industria que se estableció en el país, ayudó mucho a la economía ecuatoriana, especialmente en la generación de empleo para amplios sectores poblacionales de la provincia de El Oro, y del austro en general (Cortazar, El oro de Portovelo, 2005, pág. 22). En 1950, tras 54 años de exploración aurífera la SADCO cierra y cesa sus funciones abandonando definitivamente Portovelo (Muñoz, 2015, pág. 66), dejando en la miseria, desolación, enfermedades y en la desocupación a miles de trabajadores que lo único que sabían era la ocupación minera (Muñoz, 2015, pág. 66).

Ante esta situación de desempleo y caos social, se reunieron los ex empleados de la SADCO y conforman el grupo de promotores para seguir laborando y en 1955 se forma la Compañía Industrial Minera Asociada (CIMA), reanudándose a los trabajos, pero al no

¹² Mita: Sistema de trabajo forzado que aplicó la Corona española en la época colonial a los indígenas del área andina.

tener capital de inversión quebró poco tiempo (Cortazar, El oro de Portovelo, 2005, pág. 24). Ante el cierre de las actividades de la empresa CIMA, surge la minería artesanal, que hasta la presente fecha es la principal actividad económica del cantón y de la parte alta de El Oro, por toda esta trayectoria Portovelo es considerado como Primer Centro Minero del Ecuador (GAD Municipal del Cantón Portovelo, 2010).

2.2.4.2. Datos generales del cantón Portovelo

El cantón Portovelo es considerado como el primer centro minero de nuestro país, por los yacimientos encontrados en el sector y las actividades productivas generadas desde 1595 hasta la fecha.

“Las actividades económicas, como en la mayoría de los cantones de la parte alta de la provincia de El Oro son agrícolas, ganaderas y auríferas, estas representan la principal fuente de sus ingresos económicos”.

Según indica la cámara de la minería del Ecuador, “son aproximadamente 120 toneladas de oro las que se han extraído de Portovelo”, el 13 de mayo de 1968 Portovelo fue nombrado parroquia, perteneciente al cantón Zaruma. Pero pocos años después asciende a cantón el 5 de agosto de 1980 (GAD-Municipal del Cantón Portovelo, 2019).

Tabla 2.Datos generales del cantón Portovelo

Datos generales	
Población	13, 800 habitantes
Altitud	650 msnm
Superficie	286 km2
Temperatura	18 – 30 °C
Cantonización	5 de agosto de 1980
Parroquias urbanas	Portovelo
Parroquias rurales	Morales, Curtincapac y Salatí
Fiestas patronales	4 de julio
Límites	Al norte con Zaruma, al sur con la provincia de Loja; cantones Chaguarpamba y Catamayo, al este con la provincia de Loja; cantones Loja y Saraguro, al oeste con el cantón Piñas

Fuente: (Portovelo, Gad Municipal del cantón Portovelo, 2017).

2.2.4.3. Recursos mineros del cantón Portovelo

Las estribaciones de provincia de El Oro son consideradas de gran importancia para la minería, puesto a que se encuentra ubicados yacimientos de oro, plata, cobre, zinc, entre otros. El material extraído varía entre el 13 % a 33 %, respecto al volumen aprovechado, esto quiere decir que existe aún más reservas por explorar (GAD-Municipal del Cantón Portovelo, 2019).

En la actualidad existen 37 concesiones mineras inscritas y 48 aproximadamente en trámite como lo indica (GAD-Municipal del Cantón Portovelo, 2019), las cuales abarcan 21.989,31 ha., lo que representa el 76,35% del total de territorio, la mayor cantidad se encuentra concesionado, en las parroquias Salatí con 13.767 ha., Morales con 4.998 ha. y Portovelo 3.224,31 ha., cabe indicar que en Curtincápac no se tiene ninguna concesión minera, del total de concesiones la mayoría corresponden a minerales metálicos que

explotan oro, plata, cobre y el resto concesiones de materiales de construcción. Actualmente funcionan 57 plantas de beneficio ubicadas en los sitios del Pache y Vía al Pindo principalmente (GAD municipal del cantón Portovelo, 2018).

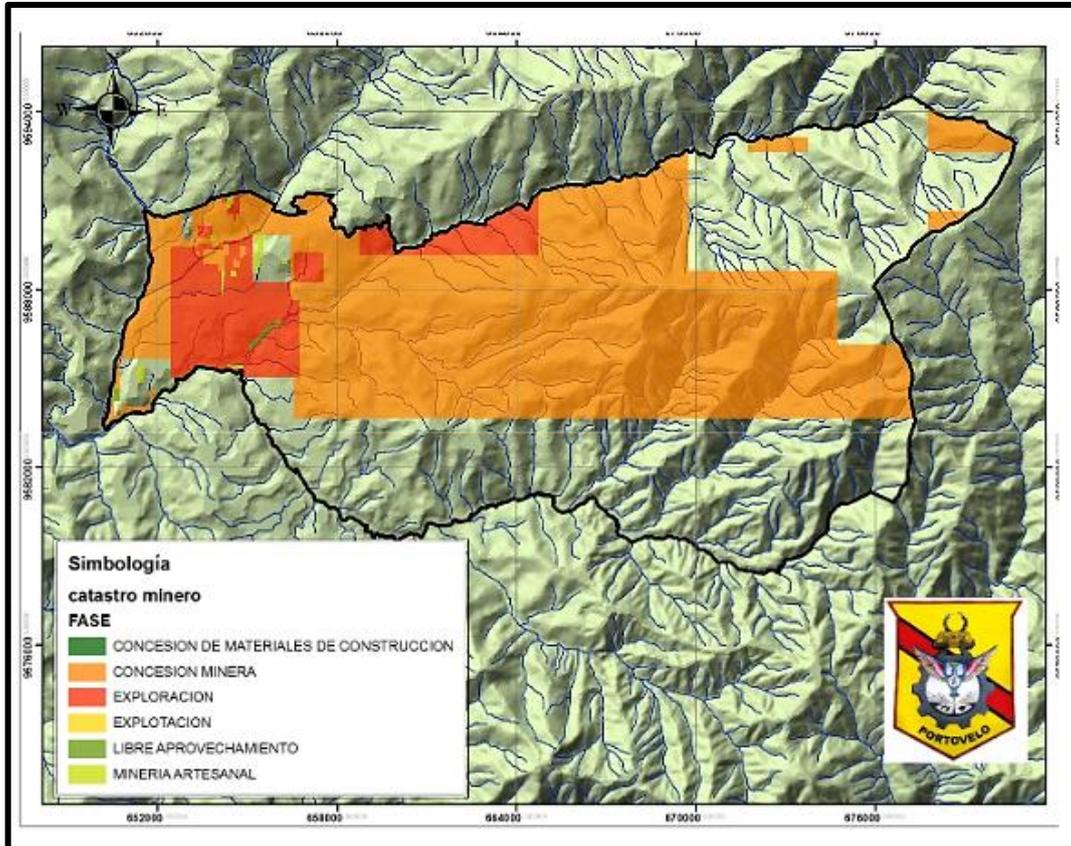


Figura 8.Concesiones mineras del cantón Portovelo

Fuente: GAD-Portovelo

La expansión de la actividad minera en el cantón ha provocado que existan labores mineras sin los permisos correspondientes para ejercer esta actividad. Los datos obtenidos por CEMINA (Censo Minero Artesanal) demuestran que en Portovelo existen 175 labores mineras sin regularizar (Ministerio de Minería Oficio Nro. MM-SZM-S-2018-01111-OF) (GAD municipal del cantón Portovelo, 2018).

2.2.4.4. Contaminación de los ríos del cantón Portovelo

El deterioro de la calidad del agua en la zona de la cuenca del Puyango - Tumbes ha generado preocupación en las autoridades de Perú y Ecuador. Las mayores fuentes de

contaminación son las aguas residuales provenientes de actividades mineras diarias, las cuales contaminan las quebradas que confluyen al río Amarillo. En los cantones de Portovelo, Atahualpa y Zaruma en las dos últimas décadas han surgido numerosas plantas de beneficio, localizándose dentro del perímetro urbano y rural, como consecuencia se ha encontrado concentraciones elevadas de mercurio (1.650 ppm) y de plomo (8.350 ppm), además el cianuro libre, excede los criterios ambientales para la protección de la vida acuática (GAD municipal del cantón Portovelo, 2018).

2.3. Cianuro de sodio (NaCN)

El cianuro adquiere sus características según el elemento al que se encuentre combinado, existe 2000 fuentes naturales donde podemos encontrar este mineral como cerezas, almendras, rábano y algunas legumbres, también lo encontramos en bacterias, hongos, algas y en algunos insectos.

Se identifican dos tipos de compuestos derivados del cianuro: cianuro de hidrógeno, el cual presenta una característica incolora al momento de combinarse con el gas natural, por otra parte, el cianuro de sodio se presenta de manera sólido con una coloración blanca y se puede combinar fácilmente con el agua, este último interviene en el proceso de extracción del oro (Ronald, 2008).

Cabe recalcar que el cianuro de sodio “desde el siglo XIX es empleado en operaciones auríferas para la disolución o lixiviación de oro” (BETANCUR & MOLINA, 2009)

Nombre del Material	Cianuro de Sodio.
Fórmula Química	NaCN
Número CAS	143-33-9
Código UN	1689
Guía de Respuesta	157
Clasif. Mat. Pelig.	6.1
Código Hazchem	2X
Sinónimos	Sal de Sodio, Cianuro blanco.
Uso	Pilas de Lixiviación.

Figura 9. Información general del Cianuro de Sodio

Fuente: (BETANCUR, 2009).

Ingredientes	Proporción	Número CAS
Cianuro de Sodio	98 %	143-33-9
HCOONa	1 %	
H ₂ O	0,3 %	
Na ₂ CO ₃	0,6 %	
NaOH	0,1 %	1310-73-2
PEL de OSHA : 5 mg/m ³		
TLV de ACGIH : C 5 mg/m ³		

Figura 10. Composición del Cianuro de Sodio

Fuente: (BETANCUR, 2009).

Estado físico	Sólido en briquetas
Peso	15 gr
Dimensiones	31 mm x 30 mm x 11 mm
Color	Blanco
Olor	Ligero olor a amoníaco o almendras amargas
Punto de Fusión	562 °C (1043 °F).
Punto de Ebullición	1497 °C (2726 °F).
Solubilidad	480 gr/lit de solución a 20 °C
Gravedad Específica	1.61
Presión de Vapor	0.10 Kpa (800 °C)
Otros	PH : 11-12

Figura 11. Propiedades físicas y químicas del Cianuro de Sodio

Fuente: (BETANCUR, 2009).

2.3.1. Degradación del cianuro en el agua

Como consecuencia del aumento de la contaminación ambiental proveniente de la actividad minera se han desarrollado tecnologías encaminados a la disminución del cianuro en las fuentes hídricas. Los procesos para la realizar el tratamiento de aguas residuales de la minería se conoce como “atenuación” puesto a que busca aminorar el mayor porcentaje posible del cianuro para de esta manera obtener nuevamente agua alcalina y suelos con menor impacto del contaminante, a través de la utilización de procesos encaminados al tratamiento de aguas residuales y suelos (EXPLORATION., 2009).

Es importante tomar en cuenta que estas tecnologías se desarrollan en los tratamientos biológicos, conjuntamente con la presencia de microorganismos los cuales presentan propiedades altas de degradación, como es la oxidación de compuestos de cianuro y tiocinato por bacterias *Pseudomonas*, incluyendo las enzimas oxigenasa y bacterias degradadoras de cianuro principalmente cianuro oxigenasa, nitrilasa e hidratasa (EXPLORATION., 2009).

2.3.2. Cianuro en la industria

El cianuro hoy en día se utiliza mucho en la industria química puesto a que posee una composición que reacciona bien con otras sustancias; este compuesto se lo emplea por lo general en los procesos industriales como son: producción de papel, plásticos, limpieza de materiales comúnmente en la metalurgia, endurecimiento de acero, entre otros. Por otro lado, en la industria farmacéutica es utilizado para la elaboración de medicamentos para combatir el cáncer. Sin embargo, este compuesto se resalta en la minería, en la formación de amalgamas entre el oro y los minerales (Marín, 2005).

Según Botz & Muder (2004), el cianuro es utilizado alrededor de un millón de toneladas en la producción de nylon, nitrilo, entre algunos plásticos de acrílicos, empleándose un 80 % de la producción total y el otro 20 % destinado para la fabricación del cianuro de sodio el cual se utiliza en la minería.

La minería es una de las actividades productivas que ha ocasionado uno de los accidentes más graves a nivel mundial; uno de ellos que se puede destacar es el de Aznalcóllar, el cual fue causado por la ruptura de un estanque que acumulaba desechos del procesamiento minero, generando contaminación ambiental de gran magnitud, puesto que los lixiviados expulsados contenían 120 toneladas de cianuro, siendo uno de los sucesos más mortíferos de flora y fauna registrados en la historia medioambiental europea (Marín, 2005).

2.3.3. Toxicocinética del cianuro

2.3.3.1. Absorción

La absorción del cianuro se realiza de manera rápida, en pocos segundos por vía respiratoria y media hora por vía digestiva. El tiempo que transcurre entre la exposición y la aparición de síntomas va a depender del tipo de compuesto que se encuentre involucrado, las vías de ingreso y las dosis.

Al momento de ingerir el cianuro, las sales originan cianuro de hidrógeno (HCN) al tener contacto con el ácido clorhídrico (HCl) del estómago, los vapores se inhalan y absorben a nivel alveolar. La exposición a través de la piel y mucosas se ve reflejada a partir de 100 ppm y una hora de exposición (Patricia & OLMOS, 2013)

2.3.3.2. Distribución

Si la ingesta de cianuro es por vía oral, se elimina gran cantidad del compuesto a través del hígado, puesto a que este se distribuye rápidamente por el organismo acumulándose

en todos los tejidos, sin embargo, la mayor concentración se encuentra generalmente en órganos como el hígado, cerebro, pulmones y sangre (Marín, 2005).

Según (Lauwerys., 2008), el cianuro forma uniones con metaloenzimas, haciéndolas inactivas. En la sangre, la mayor cantidad de cianuro se encuentra dentro del eritrocito, de la siguiente manera 100:1 eritrocitos/plasma, en relación a la concentración del contaminante en cada glóbulo rojo.

2.3.3.3. Excreción

Este proceso de detoxificación de cianuro involucra una vía metabólica principal en la que participan enzimas intracelulares (sulfotransferasas) las cuales catalizan la adición de azufre al cianuro de modo irreversible formando tiocianato, de menor toxicidad que el cianuro, para posteriormente ser eliminado por la orina en un 80%. El contenido restante del compuesto se elimina vía renal y pulmonar. Es importante tomar en cuenta que concentraciones de 200-300 mg son letales para el ser humano (Ramirez, 2010).

2.3.4. Contaminación industrial por cianuro

El cianuro de sodio es uno de los venenos más potentes que pueden emplearse en contacto con el entorno y puede acarrear daños irreparables tanto a la salud humana como al medio ambiente. La distribución específica y el punto crítico de cianuro a nivel industrial depende de las características del proceso de producción existente, y también de las condiciones ambientales del sitio en el pasado y presente (Ghosh RS, 2006).

El cianuro se encuentra presente en aguas naturales no contaminadas en concentraciones mensurables, sin embargo, se encuentran grandes cantidades de cianuro en aguas residuales provenientes de industrias como: fertilizantes, plásticos, minerías, entre otros. En estas aguas, la concentración del cianuro puede llegar a ser 10.000.000 veces mayor

que en condiciones naturales, lo cual puede causar daños irreversibles al medio ambiente (Gurbuz, Ciftci, Akcil, & Karahan, 2008).

2.4. Cianuro en el medio ambiente

En el medio ambiente existen ciertas algas, hongos y bacterias que pueden producir de forma natural el cianuro, también especies vegetales como: frutas, cereales, granos, nueces, entre otros; los incendios forestales son una fuente de cianuro importante gracias a su proceso de combustión incompleta, así como los artículos que poseen nylon, que pueden producir cianuro mediante la despolimerización, una vez en el medio ambiente, la reactividad del cianuro proporciona muchas formas de degradarlo y mitigar sus efectos (NINAQUISPE, 2018).

2.4.1. Degradación de sales de cianuro

- **Complejación.** - El cianuro forma compuestos iónicos de estabilidades varias con muchos metales. La mayoría de estos compuestos son menos tóxicos que el cianuro en estado puro; sin embargo, los compuestos ácidos disociables débiles como los de cobre y zinc son inestables y devuelven el cianuro al medio del que provino. Los complejos de cianuro de hierro son importantes debido a la abundancia de hierro en el suelo y la estabilidad que tiene este compuesto en la mayoría de las condiciones ambientales. Sin embargo, el cianuro de hierro está supeditado a la descomposición fotoquímica y puede liberar el cianuro si se lo expone a rayos ultravioleta. Los complejos metálicos de cianuro también están sujetos de diversas reacciones que pueden reducir las concentraciones de cianuro en el ambiente (Astucuri, 2017).
- **Precipitación.** - Los compuestos de cianuro y hierro forman precipitados insolubles al combinarlos con hierro, cobre, níquel, manganeso, plomo, zinc, cadmio, estaño y plata (McQuiston, 2006).

- **Absorción.** - Los complejos de cianuro son absorbidos por los componentes orgánicos e inorgánicos del suelo, incluso por los óxidos de aluminio, hierro y manganeso, ciertos tipos de arcilla, feldespatos y carbón orgánico. Aunque el poder de retención del cianuro en materia inorgánica no es muy conocido, el cianuro está fuertemente relacionado con la materia orgánica (Cabala, 2017).
- **Cianato.** - La oxidación del cianuro a un cianato menos tóxico requiere de un fuerte agente oxidante como el ozono, el peróxido de hidrógeno o el hipoclorito. Sin embargo, la absorción de cianuro por la materia orgánica e inorgánica del suelo suele mejorar la oxidación en circunstancias normales (McQuiston, 2006).
- **Tiocianato.** - El cianuro forma tiocianato menos tóxico al reaccionar con algunos sulfuros. Algunas fuentes potenciales de sulfuros son el azufre en estado libre y los minerales sulfúricos como la calcopirita (CuFeS_2), la calcosita (Cu_2S) y la pirrotina (FeS), como así también con sus productos oxidados, tales como los polisulfuros y los tiosulfatos (Jimeno, 2015).
- **Volatilización.** - En los pH más comunes del ambiente, el cianuro toma la forma de cianuro de hidrógeno, con cianuro de hidrógeno gaseoso evolucionando lentamente con el tiempo. La cantidad de cianuro que se pierde en este proceso se incrementa con menores valores de pH, con mayor aireación de la solución y con temperaturas altas. También se pierde cierta cantidad de cianuro por volatilización de la superficie del suelo (Logsdon, 2013).
- **Biodegradación.** - La actividad microbiana en condiciones aerobias convierte al cianuro en amoníaco, este a su vez lo convierte en nitrato, este método ha sido eficaz para concentraciones de cianuro de hasta 200 partes por millón. También existe la biodegradación en condiciones anaerobias, de las cuales, concentraciones de cianuro

mayores a 2 partes por millón son menos tóxicas para estos microorganismos (McQuiston, 2006).

- **Hidrólisis.** - El cianuro de hidrógeno puede hidrolizarse a ácido fórmico, aunque la reacción no ocurra inmediatamente, es significativa en aguas freáticas bajo condiciones anaerobias (NINAQUISPE, 2018).

2.4.2. Límites permisibles de exposición al cianuro según agencias internacionales

- El límite máximo permisible que recomienda el NIOSH (Instituto Nacional de Salud y Seguridad Ocupacional), para exposición breve de cianuro es 4.7 ppm o 5 mg/m³, promediado durante un período de 15 minutos. También hay un límite máximo de 4.7 ppm o 5 mg/m³ para exposición durante 10 minutos a la mayoría de las sales de cianuro.
- La Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA) establece un límite de exposición para el cianuro de hidrógeno (HCN) y para la mayoría de las sales de cianuro de 10 ppm u 11 mg/m³ durante una jornada de 8 horas diarias (40 horas semanales).
- La Organización Mundial de la Salud, señala que hay presencia de cianuro en algunos alimentos, particularmente en algunos países en desarrollo, y en ocasiones en el agua de consumo, principalmente por contaminación industrial. Es por ello que ha establecido un valor referencial en 0.07 mg/l.
- La EPA (Agencia de Protección del Medio Ambiente de EE. UU): detalla que el nivel máximo de cianuro permitido en el agua potable es 0.2 ppm o µg/L (ROMÁN, DURÁN, & ADRIANA, 2011).

- . En Ecuador el límite máximo permitido de agua residual contaminadas con cianuro a cuerpos de agua dulce es de 0.1 mg/l (TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION Y MEDIO AMBIENTE, 2018).

2.5. Biorremediación de sales de cianuro

La biorremediación surge como una rama de la biotecnología que busca resolver los problemas de contaminación mediante la aplicación de microorganismos capaces de degradar residuos potencialmente peligrosos presentes en el ambiente, así como también metales pesados y compuestos orgánicos derivados de petróleo o sintéticos (Universidad de Alcalá Madrid, 2015). Este término se lo ha acuñado a principios de la década de los 80; los sistemas biológicos frecuentemente utilizados son microorganismos o vegetales (Garzón, Rodríguez, & Hernández, 2017).

Por lo tanto, la biorremediación del cianuro es una alternativa prominente a los procesos físicos y químicos tradicionales. El primer caso de biorremediación para la síntesis de cianuro a escala industrial se llevó a cabo en el siglo XX en la Mina de Oro de Homestake-EE.UU. A partir de este año, la biorremediación es considerada una alternativa económica y efectiva (WHITLOCK & MUDDER, 2008)

Los sistemas de tratamientos biológicos tienen muchas ventajas sobre los diferentes tratamientos físicos y químicos, entre esas están la capacidad de tratar el cianuro, en todas sus formas y concentraciones, existiendo diversos microorganismos capaces de sintetizar el contaminante. Por otro lado, el tratamiento biológico ofrece la habilidad de una doble descontaminación por la degradación del cianuro con la consecuencia desnitrificante del amonio resultante, disminuyendo el impacto ambiental generado por las descargas (BAXTER & CUMMINGS, 2013). Sin embargo, los tratamientos biológicos pueden verse limitados por la susceptibilidad a las condiciones ambientales, por ejemplo, la

temperatura, que pueden afectar el rendimiento del proceso de degradación y así mismo la calidad de las descargas de efluentes. Otro factor que puede afectar su rendimiento son las altas concentraciones del contaminante, por lo que se hace necesario desarrollar estudios a escala piloto de los procesos de tratamiento, lo cual incurriría en más costos y retrasaría su aplicación In situ (YOUNGER & JORDAN, 2007)

Cabe considerar, que los procesos de biorremediación se fundamentan en la oxidación biológica que ciertas especies de microorganismos (bacterias, hongos y algas) llevan a cabo para degradar compuestos contaminantes como los de cianuro y amonio debido a su capacidad metabólica y enzimática que les permite incorporarlos a su metabolismo para el crecimiento celular, así como la capacidad de acumular algunos metales pesados. El proceso requiere de la adaptación gradual de los microorganismos a las altas concentraciones de cianuro libre, tiocianato, metales pesados y otros complejos presentes en las soluciones. El fundamento de la oxidación biológica es la consecución de una elevada tasa de conservación metabólica del cianuro a cianato. Este ión amonio liberado es considerado como tóxico, y debe ser tratado por microorganismos que llevan a cabo reacciones de nitrificación para su eliminación. Y el tiocianato y cianuros metálicos también pueden ser eficazmente oxidados, para luego ser adsorbidos y/o precipitados por los microorganismos (PATIL & PAKNIKAR, 2008)

2.5.1. Vías de degradación de cianuro

Existen cuatro vías generales para la biodegradación de cianuro:

2.5.1.1. Reacciones hidrolíticas

Son catalizadas por algunas enzimas, como el cianuro hidratasa, nitrilo hidratasa, cianidasa y nitrilasa. Estas enzimas degradan los compuestos de cianuro a través de las siguientes reacciones:

- **Cianuro hidratasa:** $\text{HCN} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{HCONH}_2$
- **Nitrilo hidratasa:** $\text{R-CN} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{R-CONH}_2$
- **Cianidasa:** $\text{HCN} + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{HCOOH}$
- **Nitrilasa:** $\text{R-CN} + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{R-COOH}$

La actividad del cianuro hidratasa es inducida por las bajas concentraciones de cianuro en muchos hongos que son patógenos para las plantas cianogénicas como *Stemphylium loti* y *Gloeocercospora sorghi*. Hongos como *Fusarium sp.* utilizan el cianuro hidratasa para degradar el cianuro a formiamida, seguido de una conversión a formiato por una amidasa. Este mecanismo de degradación se ha reportado también en bacterias como *Pseudomonas fluorescens*. El cianuro hidratasa y la cianidasa son enzimas que se reportan en bacterias y tienen similitud en cuanto a los aminoácidos y estructura a las nitrilasas y nitrilo hidratasas; estas últimas han sido reportadas en la degradación de cianuros orgánicos (DASH, GAUR, & BALOMAJUNDER, 2013)

2.5.1.1. Reacciones oxidativas

Las reacciones oxidativas para la biodegradación de cianuro resultan en la formación de amoníaco y dióxido de carbono. El cianuro monoxigenasa convierte el cianuro a cianato. El cianato es entonces catalizado por la cianasa formando de este modo el amoníaco y el dióxido de carbono. Las enzimas cianasas han sido identificadas en numerosas bacterias, hongos, plantas y animales. Una segunda vía oxidativa utiliza cianuro dioxigenasas para formar el amoníaco y el dióxido de carbono de manera directa.

Cianuro monoxigenasa: $\text{HCN} + \text{O}_2 + \text{H}^+ + \text{NAD(P)H} \longrightarrow \text{HOCN} + \text{NAD(P)}^+ + \text{H}_2\text{O}$

Cianuro dioxigenasa: $\text{HCN} + \text{O}_2 + 2\text{H}^+ + \text{NAD(P)H} \longrightarrow \text{CO}_2 + \text{NH}_3 + \text{NAD(P)}^+$

Varias especies de *Pseudomonas* son las responsables de la oxidación completa del cianuro a tiocianato. Bacterias como *Pseudomonas fluorescense* utilizan el cianuro como fuente de nitrógeno para su crecimiento formando amoníaco y dióxido de carbono mediante el cianuro monooxigenasa, con la formación de cianato como metabolito intermediario (MEDINA, 2014)

2.5.1.2. Reacciones de sustitución y transferencia

El cianuro puede ser convertido en β -cianoalanina o α -aminonitrilo mediante la enzima β -cianoalanina sintasa, seguido de un hidrolisis de los productos para liberar NH_3 y un ácido. Durante este proceso no es requerida una molécula de oxígeno y no se libera CO_2 . Una vía diferente resulta en la formación de tiocianato que es menos tóxico que los compuestos de cianuro. Este tiocianato producido a partir de la enzima sulfuro transferasa puede ser biodegradado por la vía del carbonilo o cianato. La biodegradación del tiocianato por la vía del carbonilo (en presencia de tiocianato hidrolasa) resulta en la formación del sulfuro carbonilo (COS). La biodegradación del tiocianato por la vía del cianato (en presencia de la enzima cianasa) resulta en la formación de sulfato y CO_2 . El amoníaco es producido en ambos casos. La enzima cianasa ha sido detectada en *Flavobacterium sp.* y *Escherichia coli*.

Hongos como *Trichoderma polysporum*, *Scytalidium* y *Penicilium* han sido reportados por su capacidad de degradar complejos de cianuro WAD y SAD. Se ha reportado la utilización de biomasa de *Cladosporium* en reactores aerobios para la degradación de complejos de cianuro SAD por medio de la transformación y bioadsorción de los mismos a través de la biomasa fúngica. La desintoxicación de cianuro por algas se ha evaluado mediante la exposición de suspensiones cultivadas de *Arthrospira maxima*, *Chlorella sp.* y *Scenedesmus*, con una eficiencia del 99% en la eliminación de cianuro total,

presentando ventajas frente a la descontaminación de efluentes en condiciones extremas de pH con alta eficiencia de remoción (ORDOÑEZ & BETANCUR, 2006)

2.6. Biodegradación de sales de cianuro

2.6.1. *Pseudomonas sp.*

Pseudomona sp significa “unidad falsa”, en 1894 se la denominó género Gram-negativo, puesto a que se aislaron de diversos escenarios naturales, la mayoría de los nombres de esta especie se dieron a través de su género (VALLEJO, RUILOVA, & FARFÁN, 2010).

2.6.2. *Pseudomonas sp* como agentes de control ambiental y de biorremediación

La importancia de este género radica en su alta capacidad de inhibir contaminantes como coliformes, los cuales son empleados como indicadores de la presencia de contaminación en aguas. Estudios realizados por Roberts (1982), determinaron que las especies del género *Pseudomonas* generan una sustancia denominada “Pseudocin” la cual interviene en la inhibición del crecimiento de *E. coli*, *Enterobacteraerogenes*, *Citrobacterfreundii* y *Klebsiella sp* (Marchand & ORLANDO, 2004).

El género *Pseudomonas* es capaz de metabolizar contaminantes químicos presentes en el ambiente y como consecuencia se utiliza para procesos de biorremediación. A continuación, se detallan según estudios realizados especies aptas para la degradación de diversos contaminantes: *P. alcaligenes*, que pueden degradar hidrocarburos aromáticos policíclicos, *P. mendocina*, degrada tolueno, *P. pseudoalcaligenes*, utiliza cianuro como fuente de nitrógeno, *P. putida*, tiene la capacidad de degradar solventes orgánicos como por ejemplo el tolueno.

La degradación de estas bacterias va a depender de las condiciones físicas del medio como por ejemplo condiciones ambientales óptimas para su desarrollo, tiempo de contacto con

el contaminante y finalmente, de su versatilidad fisiológica. En una investigación realizada se demuestra que las bacterias *Pseudomonas sp*, presentan una alta eficiencia biodegradadora en los hidrocarburos como el Phenoxybenzoido en suelos. Esta investigación fue realizada empleando dos tipos de *Pseudomonas* manipuladas genéticamente, obteniéndose la versatilidad del género en los procesos de biorremediación de suelos bajo factores ambientales adversos. (VALLEJO, RUILOVA, & FARFÁN, 2010).

2.6.3. Generalidades de *Pseudomonas sp*.

Son bacterias Gram negativos que no se encuentran esporulados, son móviles, presentando una flagelación polar a excepción de algunas especies. Los géneros que se destacan en este grupo son:

- *Commamonas*.
- *Burkholdeira*.
- *Xanthomonas*.

Bioquímicamente presentan oxidasa y catalasa positivos, generalmente oxidan los carbohidratos, no son capaces de fermentar glucosa. Presentan un metabolismo respiratorio no fermentativo y entre sus características más importantes está la degradación de compuestos.

Se desarrollan en el agua y suelo, aunque también algunas especies pueden ser patógenos oportunistas en los seres vivos como son: *Pseudomonas aeruginosa* y *Pseudomonas syringae*., podemos encontrarlas en materia orgánica que está en proceso de descomposición, piel y mucosas, desarrollándose a una temperatura optima de 42 ° C (VALLEJO, RUILOVA, & FARFÁN, 2010).

2.6.3.1. Taxonomía

Los avances bioquímicos y genéticos, han permitido analizar la secuencia del RNAr 16s determinando la taxonomía de las especies bacterias, teniendo como resultado el género *Pseudomonas*. Por primera vez en el año 2000 se determinó el genoma completo de este género y hasta la fecha se continúa realizando secuencias genéticas de otras especies (CORNELIS, 2010).

Son de fácil cultivo in vitro, por lo que se emplean algunas cepas en investigaciones científicas, un ejemplo es el caso de *P. aeruginosa* la cual presenta un rol importante como patógeno oportunista en seres humano y *P. syringae*, en plantas, así como la interacción de esta especie en la biodegradación de cianuro procedente de las actividades mineras (VALLEJO, RUILOVA, & FARFÁN, 2010).

2.6.3.2. Morfología y estructura

Las *Pseudomonas sp* pertenece a la familia *Pseudomonaceae*. Se trata de un bacilo recto o ligeramente curvo Gram negativo, con un tamaño que varía entre 1 y 5 µm de largo y 0.5 a 1 µm de ancho. Por lo general son aerobios, sin embargo, algunas cepas pueden desarrollarse utilizando el nitrato como aceptor final de electrones (VALLEJO, RUILOVA, & FARFÁN, 2010).

2.6.3.3. Reproducción

Este género se desarrolla generalmente en grandes cantidades de caldo nutritivo, formando precipitados anulares y azul verdosos, que en agar simple forman colonias de fusión brillantes con bordes continuos y a veces ondulados y centros opacos. El pigmento (antocianina) se difunde en el medio dándole una tonalidad verdosa (VALLEJO, RUILOVA, & FARFÁN, 2010).

2.6.3.4. Metabolismo

Puesto a que son microorganismos aeróbicos, toman al oxígeno como aceptor de electrones en su mayoría, presenta una facilidad metabólica elevada, usando sustratos variados, como *Pseudomonas cepacia*, Por otra parte, existen algunas especies quimiolitótrofas que utilizan H₂ o CO como donadores de electrones (VALLEJO, RUILOVA, & FARFÁN, 2010).

2.6.3.4. Patogenicidad

De las extensas especies de *Pseudomonas* existentes, sólo algunas son importantes en el estudio de patologías humanas por ejemplo *Pseudomonas mallei*, *P. pseudomallei*. Sin embargo, la especie *P. aeruginosa* en la actualidad es la más estudiada debido a su versatilidad para expandirse en el suelo, agua, plantas e incluso acumularse en intestinos animales, además de causar enfermedades en el hombre puesto a que sobrevive y replica en medios húmedos de los hospitales (Vallejo, Ruilova, & Farfán, 2010).

2.6.4. *Pseudomonas Fluorescens* ATCC 49838.

Son aerobias quimioorganotróficas, es decir, que su metabolismo se basa en reacciones de óxido-reducción para obtener energía, utilizando sustancias oxidables a pH neutro o básico. Su diámetro varía entre 0,5 y 0,8 µm. Se reproducen a temperaturas mesófilas (entre 25 y 30°C) y como todo el género de *Pseudomonas* presentan una gran capacidad para utilizar diversidad de nutrientes, lo que explica su ubicuidad (M, 2005).

Existen diversos métodos de procedencia biológica para la síntesis de cianuro en el cual intervienen las bacterias *P. fluorescens*, esta especie es considerada entre los mejores para la degradación del cianuro debido a su versatilidad metabólica, ya que tiene una amplia capacidad oxidativa y una alta adaptabilidad para utilizar una gran variedad de sustancias

químicas como fuente de carbono y nitrógeno; es también muy tolerante a ambientes alcalinos y con muy poca cantidad de nutrientes (Mendoza, 2014).

Estas bacterias viven vinculadas a las raíces de las plantas en una zona llamada rizosfera, en estudios anteriores han realizado aislamientos de esta bacteria de las siguientes plantas: arroz, alverja y ají (Pérez, Coto, Echemendía, & Ávila, 2016). Existe gran cantidad de bibliografía que describe el uso potencial de bacterias asociadas a las plantas como agentes estimulantes del desarrollo y la sanidad de estas, también se han utilizado como controladores biológicos de plagas (Pérez, Coto, Echemendía, & Ávila, 2016).

2.6.5. *Trichoderma* sp.

Los hongos del género *Trichoderma* los podemos encontrar en el ambiente, especialmente en todos los ecosistemas que contienen materia orgánica, puesto a que son muy resistentes en el medio y poseen una capacidad de colonización rápida (Silvia, 2013).

2.6.5.1. Reproducción de *Trichoderma* sp.

La reproducción de los hongos del género *Trichoderma* se realiza asexualmente bajo cualquier sustrato, utilizando pectina, quinina, celulosa y almidón como fuente de carbono. Algunos estudios han demostrado que el cianuro se ha utilizado como fuente de carbono y nitrógeno, su reproducción mejora en medios húmedos y ligeramente ácidos (Cabascango, 2015).

2.6.5.2. Características macroscópicas

Los hongos del género *Trichoderma* presentan una coloración blanca y formación de anillos concéntricos que varían de blanco a verde claro en la primera etapa de crecimiento, en la segunda etapa, los micelios toman un color verde intenso posterior a la esporulación, el reverso del cultivo es de color blanco con una ligera formación de anillos. (Vásquez, 2011).

2.6.5.3. Características microscópicas

En cuanto a su estructura, este hongo presenta conidióforos con longitudes entre 60 y 64 μm , conjuntamente con ramificaciones laterales (Fiálides) de manera perpendicular (Salazar, 2012), de igual manera los conidios son de forma ovalada localizados sobre las fiálides y tienen una longitud que varía entre 3 y 4 μm (Vásquez, 2011).

2.6.4.4. Requerimientos nutricionales

Este hongo se desarrolla en un medio rico en materia orgánica por lo que sus requerimientos nutricionales son pocos, sin embargo, es importante verificar que exista una fuente de carbono, nitrógeno, azufre y sales inorgánicas para obtener niveles óptimos de crecimiento (Falconi, 2012). Algunos contaminantes pueden ser utilizados como fuente de carbono encontrándose el cianuro en este grupo (Ezzi M. I., 2005).

2.6.6. Factores que afectan al crecimiento

2.6.6.1. Temperatura

Es un factor importante que interviene en el crecimiento de los hongos, el rango óptimo se encuentra entre los 20 – 30 °C, aunque en algunos casos pueden soportar temperaturas extremas viéndose afectado su desarrollo.

2.6.6.2. Humedad óptima

Es una variable importante que afecta directamente el crecimiento y generación de metabolitos, una baja humedad retrasa el crecimiento puesto a que presenta una baja dispersión de nutrientes, mientras que por otro lado demasiada humedad dificultará la transmisión de oxígeno.

2.6.6.3. Requerimiento de oxígeno

En el crecimiento intervienen dos componentes importantes que son el oxígeno y dióxido de carbono, el cual se obtiene del proceso de respiración celular, es necesario tomar en cuenta que la acumulación excesiva de este último altera el crecimiento del microorganismo.

2.6.6.4. pH óptimo

Este hongo presenta una amplia capacidad de resistencia desde 2.0 – 9.0, presentando un rango óptimo de 4.0 a 7.0. Un pH ácido va a mejorar el crecimiento y un pH alcalino afectará directamente el proceso de germinación.

2.6.6.5. Requerimiento de luz

La mayoría de las cepas son fotosensibles, al ser expuestas a la luz mejoran su esporulación y cuando se combinan periodos de oscuridad el rendimiento de colonización es mayor. Ejemplo: *Trichoderma harzianum*

2.6.7. *Trichoderma harzianum*

Es un hongo filamentoso que posee una alta gama de enzimas hidrolíticas y quitinolíticas confiriéndole una gran capacidad de interactuar de forma degradativa, constituye un mecanismo de antagonismo en la competencia por espacio puesto a que *T. harzianum* coloniza agresivamente los sustratos y sobrevive en condiciones adversas en forma de clamidiosporas, tiene una velocidad alta de crecimiento, abundante esporulación y puede reproducirse sobre diversos sustratos, lo que permite que sea muy eficiente como saprófito y como un agente de control biológico

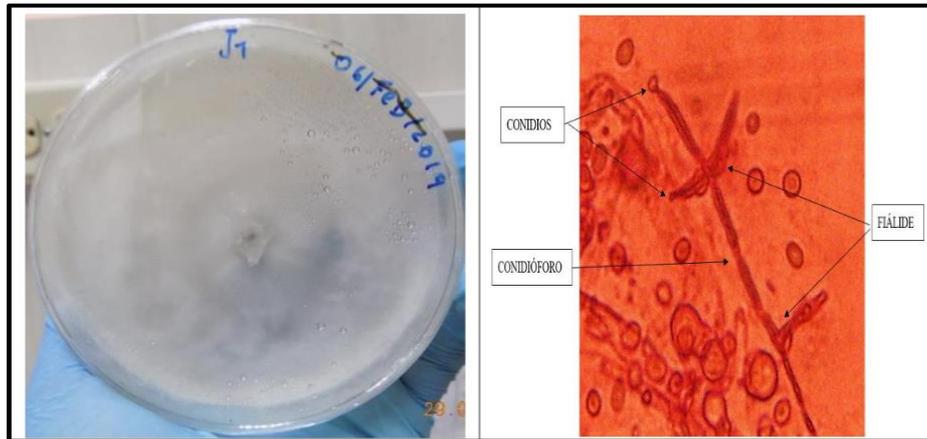


Figura 12.*Trichoderma harzianum*

Autor: Padilla Jonnathan (2019)

DESCRIPCIÓN		DESCRIPCIÓN	
Crecimiento:	Circular	Campo:	40X.
Elevación:	Limitada semi simétrica	Su estructura se encuentra compuesto de un soporte conidióforo (delgada y cilíndrica). Sus fiálides presentan un ángulo de 90° con respecto al conidióforo y tienen forma de botella (anchas en su borde y finas en el extremo).	
Textura:	Algodonosa		
Aspecto:	Afelpado		
Margen:	Acabado liso		
Pigmentación:	Blanca		

Figura 13.Observaciones morfológicas (macro –microscópicos)

Autor: Jonnathan Padilla (2019)

En un estudio hecho por Cardona (2015), denominado “Microorganismos potenciales degradadores del cianuro en residuos de la minería de oro”, se analizó la tolerancia del hongo *Trichoderma harzianum* en aguas contaminadas con cianuro de sodio, exponiendo su alta capacidad de reproducción en este medio y confirmando su eficiencia en tratamientos biológicos para la descomposición del (NaCN).

2.6.7.1. El aislado fúngico *Trichoderma harzianum* y el cianuro

El hongo *T. harzianum*., es utilizado en procesos de desintoxicación de cianuro debido a que posee dos enzimas (rodanasa y cianuro hidratasa) que pueden sintetizarlo (Ezzi M. &., 2002). La utilización de glucosa como fuente de carbono mejora la velocidad de degradación del cianuro por las cepas de *Trichoderma harzianum*.

2.7.Sistema de biodiscos

El Contactor Biológico Rotativo, llamado biodisco, biocilindro o biorreactor, es tan eficaz como el proceso de fangos activos, requiere un espacio mucho menor, es fácil de operar y tiene un menor consumo energético, se constituye de una estructura plástica, dispuesta alrededor de un eje horizontal, generalmente es de polietileno de alta densidad y de elevada superficie específica. Según la aplicación se puede encontrar sumergido de un 40% a un 90% en el agua a tratar, sobre un material plástico se desarrolla una película de microorganismos, cuyo espesor se autorregula por el rozamiento con el agua (Rigola, 2000).

Además, posee una superficie rugosa que permite la fijación biológica, el desarrollo orgánico se extiende a bacterias, protozoos y otros microorganismos depuradores que intervienen en el tratamiento biológico aerobio de cualquier EDAR convencional. Comúnmente los biodiscos se encuentran dentro de una estructura cerrada que obstaculiza la irradiación solar y evita la proliferación de algas (Marín, 2005).

Por último, es conveniente acotar que es un proceso biológico de tratamiento de aguas residuales caracterizados por presentar más del 95% de biomasa activa en forma fija a un soporte. Debido al movimiento rotatorio de los discos, la película biológica alterna su contacto con el agua residual a tratar y con el oxígeno del aire. Cuando la película está en

contacto con el aire absorbe oxígeno del mismo, mientras que cuando está sumergida absorbe el contenido en materia soluble a degradar (Sainz, 2008).

2.7.1. Principios del funcionamiento de un sistema de biodiscos

Un Contactor Biológico Rotativo (CBR) o sistema de biodiscos, consta de una serie de discos circulares de plástico (sintéticos) muy espaciados (montados uno al lado del otro), que son típicamente de unos 3,5 m de diámetro y unidos a un eje horizontal giratorio. Aproximadamente el 40% de cada disco se sumerge en un tanque que contiene el agua residual a tratar. A medida que gira CBR, la película de biomasa adjunta que crece en la superficie de los discos se mueve dentro y fuera de las aguas residuales. Mientras están sumergidos en las aguas residuales, se suministran con el oxígeno requerido para la descomposición aerobia. A medida que la biomasa adherida vuelve a entrar en las aguas residuales, el exceso de sólidos y productos de desecho se quitan de los medios como desechos. Estos desechos se transportan con el flujo de aguas residuales a un tanque de sedimentación para su remoción (Spellman, 2014).

La rotación permite:

- La transferencia de oxígeno.
- Mantiene la biomasa en condiciones aerobias.
- Eliminación del exceso de sólidos en los discos al esfuerzo cortante.
- Mantener la suspensión de los sólidos arrastrados.

En algunos diseños se añade aire en la parte inferior del tanque para proveer oxígeno y hacer girar los discos, cuando estos se encuentran equipados con dispositivos para capturar el aire. Estos sistemas son similares a los de filtro percolador con una tasa de circulación alta.

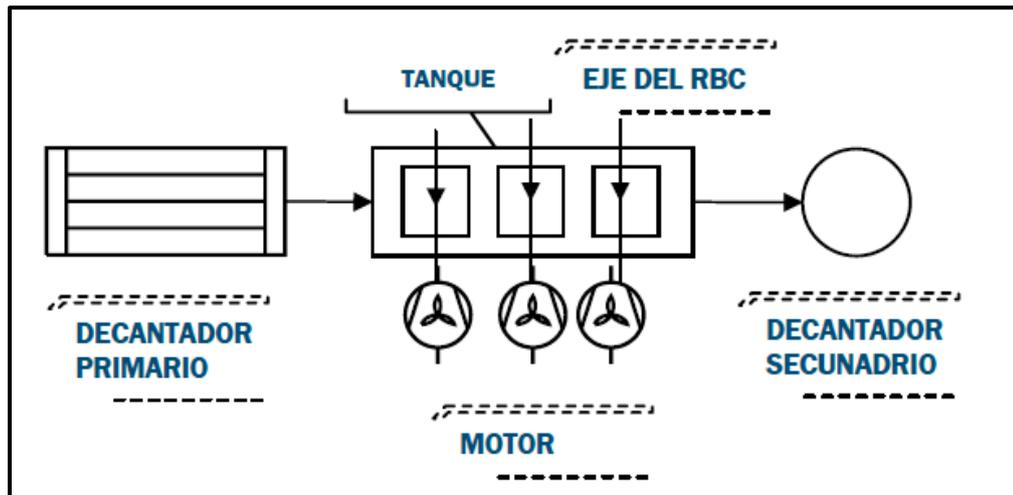


Figura 14. Sistema de biodiscos para tratamiento secundario

Fuente: (Mara, 2013).

Un tratamiento biológico o llamado también tratamiento secundario, tiene como objetivo degradar la materia orgánica presente en el agua residual dado por la acción de microorganismos; estos procesos pueden ser aerobios o anaerobios.

2.7.2. Biopelícula de un sistema de biodiscos

Los microorganismos crecen adheridos a los discos de plásticos que rotan en el agua. El eje horizontal en el que se montan los discos está orientado perpendicularmente a la dirección de flujo y se utilizan varios reactores en serie para conseguir la calidad deseada del efluente. En consecuencia, las condiciones ambientales son uniformes dentro de un reactor dado, pero cambia de reactor a reactor a lo largo de la cadena. Esto significa que tanto la estructura de la comunidad microbiana como el estado fisiológico cambian de reactor a reactor (Leslie Grady, 2012).

La biopelícula está formada por un apilamiento de células, se producen grietas por donde pueden hacerse los intercambios de oxígeno y de sustrato. Debido a que la migración del sustrato es de 3 a 5 veces menor que la del oxígeno, se forman tres capas del exterior al interior: (I) aerobia: recibe sustrato y, por lo tanto, crece; (II) aerobia: no recibe sustrato,

no crece, pero está en respiración endógena; y (II) anaerobia: sin sustrato ni oxígeno, en fermentación (Ronzano, 2002).

En esta película ocurre la oxidación bioquímica de la materia orgánica, que llevan a cabo las bacterias aerobias. Eventualmente la película se vuelve bastante gruesa a causa de la materia orgánica acumulada por lo general en forma de tejido celular y de vez en cuando se desprende y se descarga en el efluente (Ronzano, 2002).

2.7.3. Instalaciones físicas de un sistema de biodiscos

2.7.3.1. Ejes de un sistema de biodiscos

Se usan para su soporte y rotación con una longitud máxima está limitada a 8.23m, longitudes más cortas varían entre 1.52 y 7.62 m. Pueden existir daños o fallos en los ejes si no hay un buen diseño de esta unidad.

2.7.3.2. Medio de soporte (discos) en un sistema de biodiscos

El medio usado en sistemas de biodiscos es el polietileno de gran densidad. Puede ser corrugado, el cual aumenta la superficie favoreciendo su estabilidad estructural. Los medios se clasifican de acuerdo a la superficie de medio.

2.7.3.3. Mecanismo de transmisión de un sistema de biodiscos

Los biodiscos giran por la acción directa de mecanismos de transmisión sobre el eje central. Se puede emplear aire, creando una fuerza boyante para impulsar el giro del eje. Para regular la velocidad de rotación del eje, se pueden incorporar dispositivos de variación de velocidad.

2.7.3.4. Cerramientos de un sistema de biodiscos

Normalmente se coloca sobre los ejes una cubierta de plástico con fibra de vidrio para:

- Proteger de la radiación ultravioleta.
- Proteger el proceso de las bajas temperaturas.
- Protección del medio y de los equipos contra daños.
- Controlar la proliferación de algas.

2.7.4. Ventajas del uso de un sistema biodiscos

- No se requiere personal especializado que intervenga en el mantenimiento
- Presenta niveles bajos de ruido
- No genera olores
- El espacio ocupado es menor a comparación de otros procesos.
- El consumo energético es muy reducido
- Tiene un fácil funcionamiento
- Los resultados obtenidos son muy buenos

2.7.5. Desventajas del uso de un sistema de biodiscos

- Inversión inicial elevada.
- El proceso es relativamente nuevo y no hay parámetros de diseño definidos.
- Por presentar tres fases: gaseosa, líquida y sólida, es difícil definirlo con un modelo matemático simple.
- El proceso C.B.R. requiere un tiempo muy largo para alcanzar la estabilidad.
- El costo del sistema es bastante elevado por tener que importarse de otros países como E.U.A. y México.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del lugar de ensayo

Planta de Beneficio “Reina del Cisne” El Pache-Portovelo, provincia de El Oro-Ecuador
(Ver tabla 3).

Tabla 3.Coordenadas UTM y geográficas del punto de muestreo

COORDENADAS UTM

Coordenadas	UTM (m)	Huso/Hemisferio
UTM Este X	651622.11 m E	17 M
UTM Norte Y	9588103.16 m S	S

COORDENADAS GEOGRÁFICAS

Coordenadas	Grados ° Segundos''	Longitud/Latitud
Longitud	79°38'4.57''	O
Latitud	3°43'31.78''	S

Fuente: Autores

3.2. Método analítico para determinar la concentración del cianuro de sodio (NaCN) en agua

Método “APHA 4500 CN B Y E” a través de un fotómetro multiparámetro marca Hach Lange, DR 2800 (Index, 2020).

3.3. Emplazamiento del sistema de biodiscos

El sistema de biodiscos implementados en la Planta de beneficio Reina del Cisne, presenta las siguientes características:

El tanque funciona como un reactor de mezcla completa, recibiendo una alimentación energética de un motor conectado a una corriente trifásica de 1.5 Hp, el cual transfiere las revoluciones necesarias para que gire los ejes de soporte de los discos. Este reactor es de

plástico, presenta un volumen total de 177 litros, de los cuales se ocupó 55 litros, puesto a que los 18 discos que contiene el reactor se sumergieron en un 40 % de la capacidad total. Los discos son de acrílico de 0.40 m de diámetro, de superficie rugosa, la unión de estos se realizó a través de un eje central que atraviesa el reactor encontrándose separados 4 centímetros respectivamente, con el fin de determinar un área específica entre ellos. También posee un termostato digital, para el control de temperatura y para el proceso de funcionamiento de los biodiscos se procedió a llenar el tanque reactor con el agua residual procedente de las lagunas de cianuración, poniendo en marcha su sistema giratorio de discos a cuatro revoluciones por minuto.

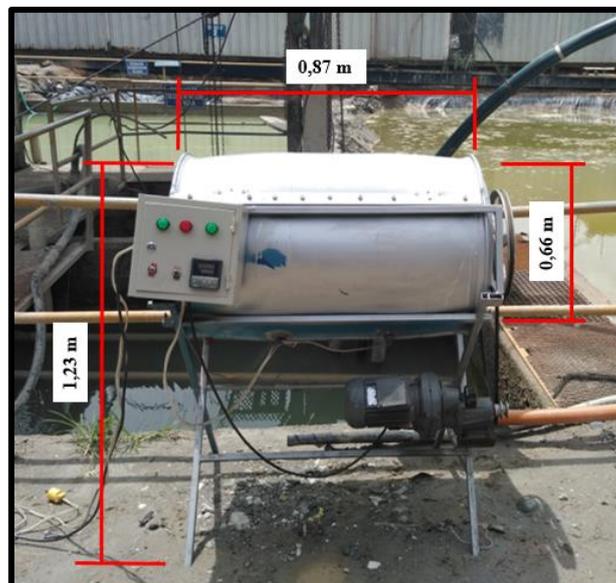


Figura 15. Dimensiones del sistema de biodiscos

Fuente: Autores



Figura 16.Sistema de biodiscos en fase de mantenimiento

Fuente: Autores



Figura 17.Instalación y adecuación del sistema de biodiscos

Fuente: Autores



Figura 18. Sistema de biodiscos funcionando

Fuente: Autores

3.4. Inóculos de *Pseudomonas fluorescens* ATCC 49838

La *P. fluorescens* ATCC 49838 se cultivó en cajas Petri utilizando como medio de cultivo el agar TSA (Agar Tripticasa Soya) y se conservó a una temperatura de 36 °C por un periodo de 48 horas.

En agua peptonada se colocó muestras bacterianas del aislado *P. fluorescens* ATCC 49838, que posteriormente se incubó en un periodo de 72 horas, obteniendo una solución de: $(1,7 \times 10^8 \text{ ufc/ml})$, finalmente se implementó este medio líquido en el sistema de biodiscos.

3.5. Inóculos de *Trichoderma harzianum*

El aislado *T. harzianum* se cultivó en cajas Petri con medio PDA (Potato Dextrose Agar), MERCK, posteriormente se colocó en un sistema de incubación a una temperatura de 26 °C por un período de 7 días.

En agua peptonada se aplicó muestras miceliarias del aislado *T. harzianum* que después se incubó por un periodo de 7 días a una temperatura de 26°C, obteniendo una solución de: (1,9 x10⁶ ufc/ml), finalmente se aplicó directamente en el sistema de biodiscos.

3.6. Aplicación de los inóculos en el sistema de biodiscos

Tabla 4.Inóculos implementados en el sistema de biodiscos

INÓCULOS	VOLUMEN	TIEMPO
Tratamiento 1 (<i>Pseudomonas Fluorescens</i> ATCC 49838)	1000ml	30 días
Tratamiento 2 (Consortio (<i>Pseudomonas Fluorescens</i> ATCC 49838 y <i>Trichoderma harzianum</i>))	1000ml	30 días
Tratamiento 3 (<i>Trichoderma harzianum</i>)	1000ml	30 días

Se aplicó 1000 ml de agua peptonada que contuvo el inóculo bacterico de la *P. Fluorescens* ATCC 49838 directamente en el sistema de biodiscos, la toma de muestras se realizó cada 15 días obteniendo un total de 2 muestras en ese periodo y de esta manera se analizó en el laboratorio determinando la degradación del cianuro de sodio (NaCN).

De igual manera para *T. harzianum* se aplicó 1000 ml de agua peptonada que contuvo el inóculo fúngico directamente en el sistema de biodiscos, se realizó el análisis en el mismo periodo que *P. Fluorescens* ATCC 49838.

Finalmente, para el consorcio microbiano, se aplicó un matraz de 1000ml que contuvo el inóculo *P. Fluorescens* ATCC 49838 y *T. harzianum*, directamente en el sistema de biodiscos, se creó una mezcla homogénea y así se efectuó la valoración en el mismo periodo.



Figura 19. Aplicación de inóculos al sistema de biodiscos

3.7. Muestreo

Se obtuvo 18 muestras del sistema de biodiscos, tomando en cuenta las respectivas precauciones y métodos para asegurar que no haya error en el muestreo y datos finales. Por tal motivo antes de recolectar los ejemplares se enjuagó los envases de plástico de 100 ml con el agua a muestrear 3 veces, se selló herméticamente, después se colocó en una conservadora y se llevó al laboratorio.

3.8. Análisis estadístico

Los grupos de datos se analizaron mediante un ANOVA y posteriormente mediante pruebas de Tukey al 95 %. En el análisis se usó el paquete estadístico Minitab 2018.

4. RESULTADOS

4.1. Resultados de la degradación de NaCN mediante los aislados *P. Fluorescens* ATCC 49838 y *T. harzianum*

Tabla 5. Resultados de los análisis de las muestras

	# DE MUESTRA	PARÁMETRO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO	PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	PERIODO DE TIEMPO
Muestra Inicial	1	CIANURO TOTAL	APHA 4500 CN B Y E	mg/l	258,000			
<i>Pseudomonas Fluorescens</i> ATCC 49838	1	CIANURO TOTAL	APHA 4500 CN B Y E	mg/l	0,279			
	2	CIANURO TOTAL	APHA 4500 CN B Y E	mg/l	0,645	0,614		15 días
	3	CIANURO TOTAL	APHA 4500 CN B Y E	mg/l	0,918		0.1134	
	4	CIANURO TOTAL	APHA 4500 CN B Y E	mg/l	0,230			
	5	CIANURO TOTAL	APHA 4500 CN B Y E	mg/l	0,402	0,359		30 días
	6	CIANURO TOTAL	APHA 4500 CN B Y E	mg/l	0,444			
Consortio Microbiano (<i>Pseudomonas Fluorescens</i> ATCC 49838 y <i>Trichoderma harzianum</i> sp)	1	CIANURO TOTAL	APHA 4500 CN B Y E	mg/l	0,665			
	2	CIANURO TOTAL	APHA 4500 CN B Y E	mg/l	0,564	0,500		15 días
	3	CIANURO TOTAL	APHA 4500 CN B Y E	mg/l	0,272		0.0588	
	4	CIANURO TOTAL	APHA 4500 CN B Y E	mg/l	0,326			
	5	CIANURO TOTAL	APHA 4500 CN B Y E	mg/l	0,301	0,347		30 días
	6	CIANURO TOTAL	APHA 4500 CN B Y E	mg/l	0,413			
<i>Trichoderma harzianum</i>	1	CIANURO TOTAL	APHA 4500 CN B Y E	mg/l	0,435			
	2	CIANURO TOTAL	APHA 4500 CN B Y E	mg/l	0,656	0,451		15 días
	3	CIANURO TOTAL	APHA 4500 CN B Y E	mg/l	0,261		0.01670	
	4	CIANURO TOTAL	APHA 4500 CN B Y E	mg/l	0,268			
	5	CIANURO TOTAL	APHA 4500 CN B Y E	mg/l	0,289	0,286		30 días
	6	CIANURO TOTAL	APHA 4500 CN B Y E	mg/l	0,301			

4.2. Análisis de la degradación de cianuro de sodio (NaCN)

Comparación de los grupos de datos referentes a la valoración de *P. Fluorescens* ATCC 49838, *T. harzianum* y consorcio microbiano, estableciendo la diferencia en la concentración inicial y final de NaCN.

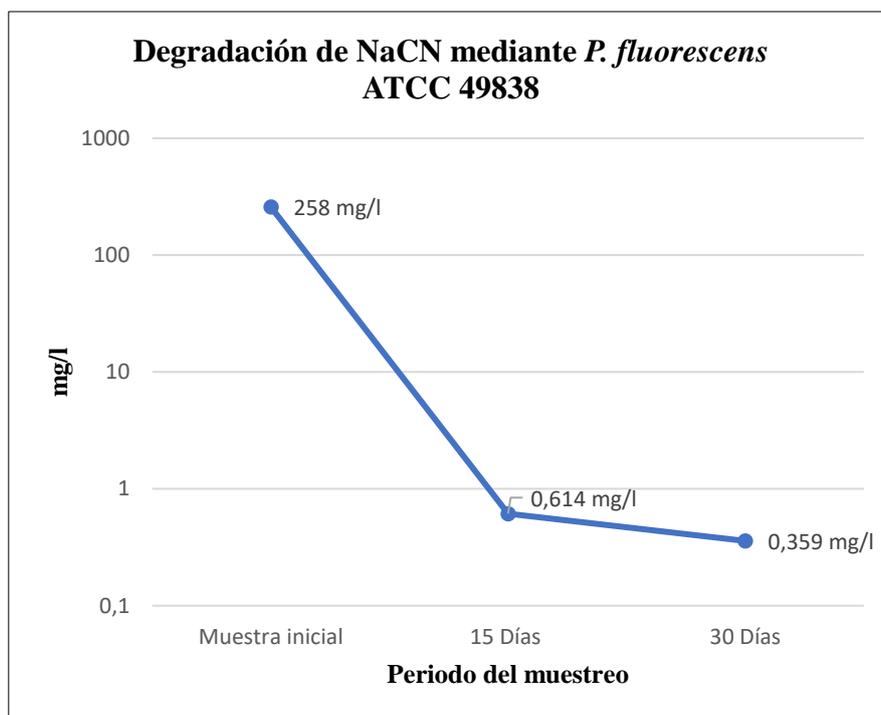


Figura 20. Degradación de NaCN mediante *P. fluorescens* ATCC 49838 en un periodo de tiempo de 30 días

Fuente: Autores

Podemos observar que *P. Fluorescens* ATCC 49838 en un periodo de 15 días degradó un total 0.641 mg/l de cianuro de sodio (NaCN) y al cabo de 30 días degradó un total de 0.359 mg/l, respecto a la muestra inicial de 258 mg/l, determinando que a más tiempo la síntesis es más completa, sin embargo, es importante considerar que las muestras fueron tomadas del sistema de biodiscos después de haberse formado la biopelícula generando de esta manera un tratamiento más efectivo a diferencia de la muestra inicial que se recibió del agua residual procedente de las lagunas de cianuración ingresada al sistema.

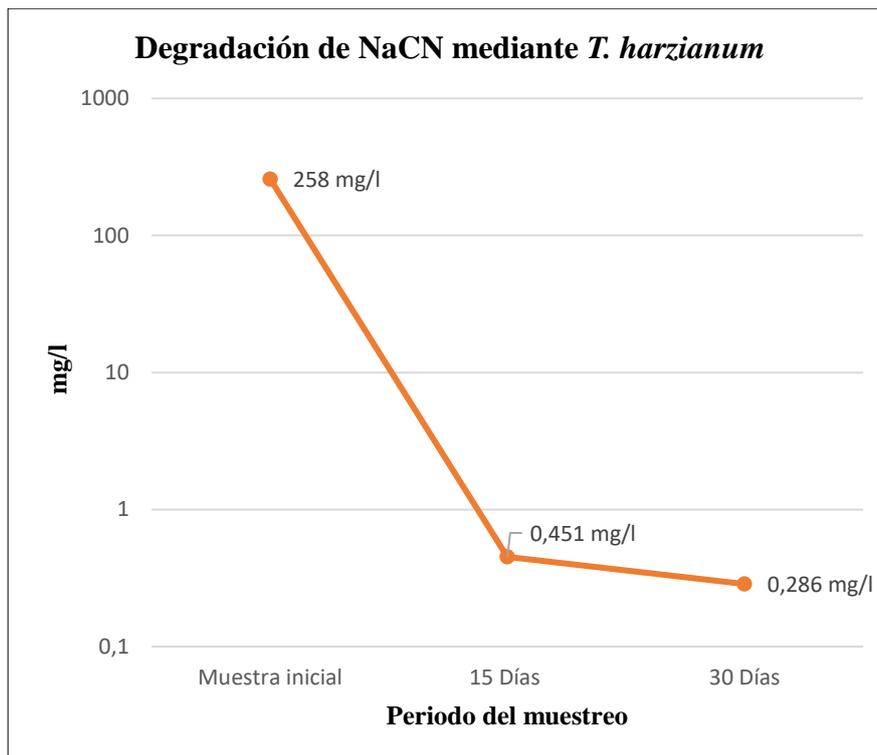


Figura 21. Degradación de NaCN mediante *T. harzianum*, en un periodo de tiempo de 30 días

Fuente: Autores

Por otro lado, *T. harzianum*, presentó valores mayores de degradación respecto a *P. Fluorescens* ATCC 49838, los resultados obtenidos para *T. harzianum* a los 15 días demuestran una degradación de 0.451mg/l y a los 30 días 0.286 mg/l, en relación a la muestra inicial 258 mg/l a diferencia de 0.641 mg/l y 0.359 mg/l que degradó *P. Fluorescens* ATCC 49838 en el mismo periodo, es importante tomar en cuenta que la degradación fue mayor para el caso del hongo puesto a que según la literatura el hongo de esta especie posee un alta capacidad para tolerar, acumular, destoxificar, transformar y mineralizar contaminantes de origen tanto orgánico como inorgánico, demostrándose en los valores detallados en la tabla 5.

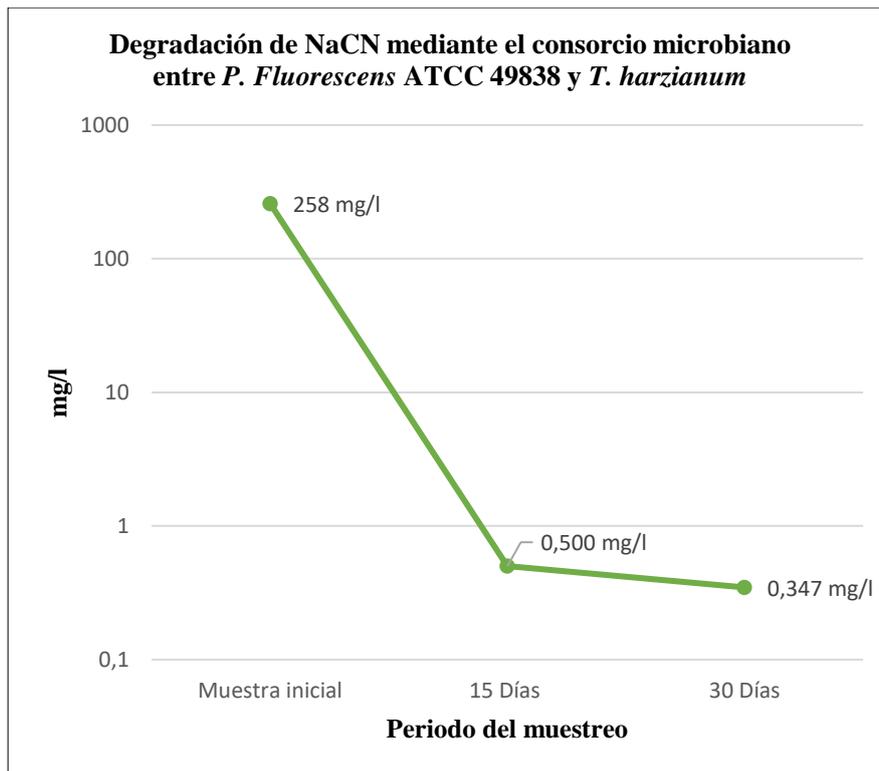


Figura 22. Degradación de NaCN mediante el consorcio microbiano entre *P. Fluorescens* ATCC 49838 y *T. harzianum* en un periodo de tiempo de 30 días.

Fuente: Autores

Finalmente, los valores obtenidos con el consorcio microbiano no presentaron mayor eficacia de degradación del cianuro de sodio (NaCN) como se esperaba, ya que se obtuvo los datos para 15 días 0.500 mg/l y 30 días 0.347 mg/l. Presentando una síntesis mayor en relación con *P. Fluorescens* ATCC 49838 y menor a *T. harzianum*.

4.3. Análisis estadístico

Se plantea las siguientes hipótesis:

H0: Luego de la aplicación de los tratamientos no existe diferencia entre los grupos de datos referentes a la concentración inicial de cianuro de sodio (NaCN) en un período de 30 días.

Cuando el valor de $p >$ valor significancia .05

H1: Luego de la aplicación de los tratamientos existe diferencia entre los grupos de datos referentes a la concentración inicial de cianuro de sodio (NaCN) en un período de 30 días.

Cuando el valor de $p <$ valor de significancia .05

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Microorganismos	2	0.009105	0.004552	0.82	0.000
Error	6	0.033185	0.005531		
Total	8	0.042290			

Medias

Microorganismos	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
Muestra inicial	1	258.0	*	(257.8, 258.2)
Tratamiento 1	3	0.3587	0.1134	(0.2536, 0.4637)
Tratamiento 2	3	0.3467	0.0588	(0.2416, 0.4517)
Tratamiento 3	3	0.28600	0.01670	(0.18094, 0.39106)

Desv.Est. agrupada = 0.0743699

En base a los resultados podemos inferir que hay diferencia significativa de los grupos de datos referentes a la concentración del cianuro de sodio (NaCN) en un periodo de 30 días, consecuentemente se acepta la H1 determinando que, si existe diferencia entre la concentración inicial respecto a la final y al mismo tiempo considerando el valor de p, se establece que se rechaza la hipótesis nula, por tanto, existen diferencias entre los tratamientos y la muestra inicial.

- Prueba de Tukey

Se establece la diferencia significativa de los grupos de datos analizados.

Microorganismos	N	Media	Agrupación
Muestra inicial	1	258.0	A
Tratamiento 1	3	0.3587	B
Tratamiento 2	3	0.3467	B
Tratamiento 3	3	0.28600	B

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

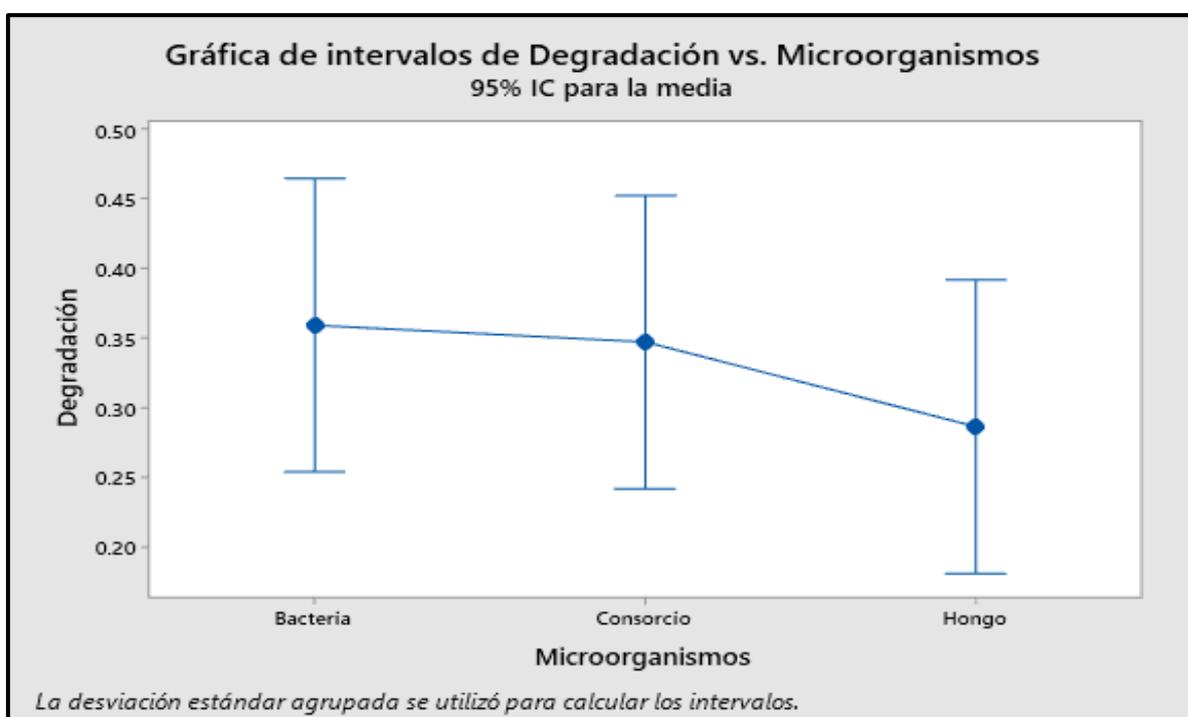


Figura 23. Gráfica de evaluación de tratamientos

Fuente: Autores

Se puede apreciar que el T1 presenta diferencia en relación al T3, sin embargo, no existe diferencia significativa en los tratamientos T1 y T2 puesto a que los valores de degradación de cianuro de sodio (NaCN) en el periodo determinado se asemejan, cabe recalcar que el T3 con respecto al T1 y T2 presentó valores mayores de degradación debido a que el hongo *T harzianum*, posee características que le permiten ser un eficiente

biorremediador del cianuro de sodio (NaCN), debido a la presencia de las enzimas ya rodanasa y cianuro hidratasa que son capaces de degradarlo.

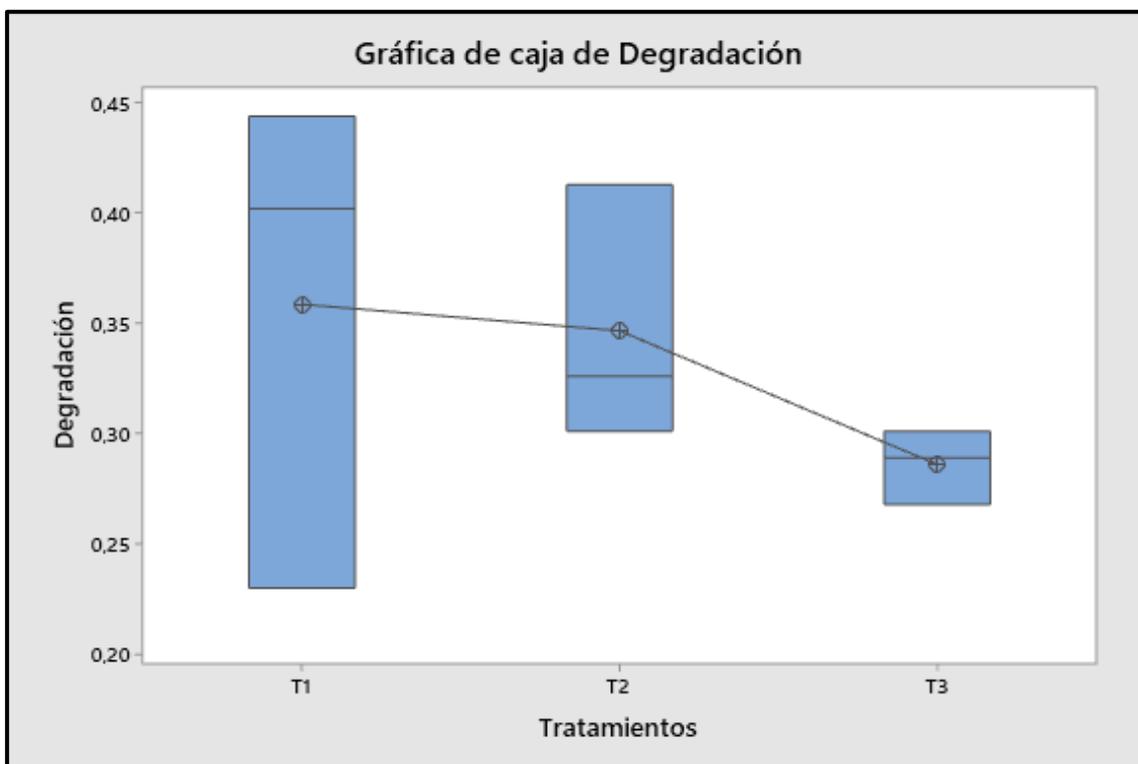


Figura 24. Gráfica de cajas- degradación del cianuro

A pesar de conocer los efectos positivos generados por las cepas *P. Fluorescens* ATCC 49838 y *T. harzianum*, es importante tomar en cuenta que la síntesis del contaminante no se le puede atribuir a un solo factor. Sin embargo, como se muestra en la figura 24 la degradación de la hilera con la aplicación de cada tratamiento es buena. El análisis concluye al comparar los tratamientos T1, T2 y T3, los resultados obtenidos fueron muy satisfactorios debido a que el hongo *T. harzianum* presentó valores de degradación similares a *P. Fluorescens* ATCC 49838 con porcentajes de degradación del 99.71 % y 99.62 % respectivamente, mientras que para el consorcio microbiano se obtuvo 99.67 %, respecto a la muestra inicial de 258 mg/l, teniendo en cuenta que las condiciones óptimas para su desarrollo y síntesis de cianuro fueron a una temperatura de (23-26) °C, en un

periodo de 30 días para cada tratamiento con un pH entre (7-8). Demostrando que el hongo *T. harzianum* obtuvo mayor porcentaje de degradación de las aguas residuales contaminadas con el NaCN.

5. CONCLUSIONES

- Con base a los resultados obtenidos concluimos que se acepta la hipótesis 1 ya que se ha demostrado estadísticamente que las cepas usadas de *T. harzianum* y *P. fluorescens* ATCC 49838 han degradado ampliamente el cianuro existente en el agua residual de la producción minera.
- Evaluando las concentraciones de degradación podemos inferir que la cepa *T. harzianum* presentó un 99,71 % de degradación del contaminante, el consorcio 99,67 % y finalmente la cepa *P. fluorescens* ATCC 49838 un 99,62 %, demostrando que la aplicación de microorganismos en el tratamiento de aguas residuales mediante el sistema de biodiscos es un método muy eficaz, debido a los resultados obtenidos.
- Los medios de cultivo (TSA y PDA) fueron de gran importancia durante el proyecto, ya que ayudaron a la conservación y crecimiento de las *P. fluorescens* ATCC 49838 y *T. harzianum*, facilitando la implantación en agua peptonada, para posteriormente ser vertidos en el sistema de biodiscos.
- El uso de sistema de biodiscos para la disminución de concentración de cianuro de sodio (NaCN), presente en el agua residual de la planta de beneficio, demostró ser factible para la reducción de este compuesto, ya que satisface los requerimientos de los microorganismos aerobios implementados en el sistema, los cuales utilizaron una fuente de oxígeno y otra de sustrato para su crecimiento. Sin embargo, es importante mencionar que el sistema de biodiscos presenta valores buenos de degradación, pero es necesario realizar un tratamiento terciario para de esta manera proceder a la

descargar del agua, guiándonos en el límite máximo permisible de 0.1 mg/l, que está establecido en el Texto Unificado de Legislación Ambiental (Tulas).

- Para la elección y empleo de este género de bacterias y hongos, se realizó una investigación de estudios presentados, en el cual se conoció su adaptabilidad y alta capacidad degradativa del cianuro de sodio. Un factor a tomar en cuenta es el tiempo de biodegradación puesto a que influye de manera directa en la síntesis del contaminante.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, S. W. (2012). *La minería a Gran Escala en Ecuador*. Quito.
- Alcides, A. (18 de Mayo de 2016). *scribd*. Obtenido de <https://carpetapedagogica.com/tahuantinsuyo>
- Anida, Y. (2003). *Pasivos Ambientales Mineros en Sudamérica*.
- Antonio, R., Vicente, P., & Lenin, T. (12 de Febrero de 2017). *Repositorio Universidad Central del Ecuador*. Obtenido de https://revistapublicando.org/revista/index.php/crv/article/viewFile/704/pdf_509
- ARCOM. (20 de Octubre de 2020). *Control minero*. Obtenido de <http://www.controlminero.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/10/Informe-Rendici%C3%B3n-de-Cuentas-2019.pdf>
- Arellano, C. (11 de Octubre de 2018). *Intriper*. Obtenido de <https://intriper.com/zaruma-una-de-las-ciudades-mas-antiguas-de-ecuador/>
- Armijos, M. (17 de agosto de 2019). *Portal gubernamental de la ASOCIACIÓN DE MUNICIPALIDADES ECUATORIANAS*. Obtenido de Portal Turístico, comercial de Portovelo: <http://marcosarmijosv.blogspot.com/2009/08/portovelo-fundacion-e-historia.html>
- Astucuri, V. (2017). *“Introducción a la flotación de minerales”*.
- Ayala, E. (29 de Agosto de 2013). *III*, 8. Quito, Ecuador, Ecuador: Corporación Editora Nacional. Obtenido de <http://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/836/1/AYALAE-CON0001-RESUMEN.pdf>
- Banco Central del Ecuador. (31 de Enero de 2017). *contenido.bce.fin.ec*. Obtenido de <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/Hidrocarburos/ReporteMinero012017.pdf>
- Barba, H. (2002). *Conceptos básicos de la contaminación del agua y parámetros de medición*. Colombia.
- BAXTER, J., & CUMMINGS, P. (2013). *The current and future applications of microorganism in the bioremediation of cyanide contamination*.
- BETANCUR, G., & MOLINA, A. (2009). *Aislamiento de consorcio de microorganismos degradadores de cianuro*.
- Blanquer, G. (2017). *EL SISTEMA DE COORDENADAS UTM*. Valencia.
- BOTZ, M., & MUDDER, T. (2004). *Mine water treatment with activated carbon*. En: *The Cyanide Monograph*. London.
- Cabala, J. M. (2017). *“Procesamiento de minerales: molienda y clasificación, flotación”*.
- Cabascango, P. (2015). *Estudio del adecuado crecimiento del hongo Trichoderma Harzianum y Trichoderma Hamatum en sustrato sólido*.

- Catucuamba, A. (1 de Agosto de 2017). *dspace UNIVERSIDADCENTRALDELECUADOR*. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/11376/1/T-UCE-0010-1828.pdf>
- Cesar, B. (2011). *Tesis Algunos Elementos para Mejorar la Gestión Ambiental y la Operación Sustentable de la Actividad Minera Aurífera de Pequeña Escala en el Ecuador*. Quito.
- Chavez, R. (30 de octubre de 2017). *SCRIBD*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/363043301/Historia-y-Antecedentes-de-La-Mineria-en-El-Mundo>
- Cirelli, A. F. (2012). *El agua: un recurso esencial*. Buenos Aires.
- CORNELIS, P. (2010). *Pseudomonas: Genomics and Molecular Biology, 1st ed. edición, Caister Academic Press*.
- Cortazar, M. (2005). *El oro de Portovelo*. Quito: MC.
- Cortazar, M., & Lavanda, J. (2008). *Portovelo Cuenta su Historia*. Machala: SOBOC GRAFIC.
- Cuvi, N., & Bejarano, M. (30 de Abril de 2015). *Flacso*. Obtenido de <https://www.flacso.edu.ec/portal/pnTemp/PageMaster/Ohrform1amhl8qb2urntj0aa9quvcl.pdf>
- Dash, R. R. (2010). *Cyanide in industrial wastewaters and its removal: A review on biotreatment*. *Journal of Hazardous Materials*, 163 (1), 1-11.
- DASH, R., GAUR, A., & BALOMAJUNDER, C. (2013). *Cyanide in industrial wastewaters and its removal*.
- Delgado Díaz, S. (2014). *Actividad Minera*. Chimbote.
- Di Paola, M., & Vicién, C. (7 de Junio de 2017). *Ceur-conicet*. Obtenido de <http://www.ceur-conicet.gov.ar/archivos/publicaciones/Biorremediacion2.pdf>
- E., M. (2002). *Riesgos de la Minería Subterránea*. Chile.
- Echeverría, I. (2020). *DESIGN, CONSTRUCTION AND EVALUATION OF A ROTATING BIOLOGICAL CONTRACTOR (RBC) SYSTEM FOR MUNICIPAL WASTEWATER TREATMENT AT PILOT SCALE*. Bolivia: Universidad Privada Boliviana.
- Edgar, P. (2011). *Minería al Servicio de los Ecuatorianos*. Quito.
- EXPLORATION., S. F. (2009). *Mitigation of Metal Mining Influenced Water. Cyanide Detoxification*.
- Ezzi, M. &. (2002). *Cyanide catabolizing enzymes in Trichoderma spp. Enzyme and Microbial Technology Vol 31*.
- Ezzi, M. I. (2005). *Plant microcosm studies demonstrating bioremediation of cyanide toxicity by Trichoderma and Fusarium spp.*
- Falconi, B. (2012). *Sistema de producción masiva de Trichoderma spp.*
- FAO. (2000). *Indicadores para el desarrollo sostenible de la pesca de captura marina. FAO Orientaciones Técnicas para la Pesca Responsable no 8*. Roma.
- Froni, L. (2011). *Microbiología: básica, ambiental y agrícola*.

- GAD Municipal del Cantón Portovelo. (22 de Junio de 2010). *GAD PORTOVELO*. Obtenido de <http://www.portovelo.gob.ec/el-canton/historia/10-resena-historica-del-canton-portovelo.html>
- GAD municipal del cantón Portovelo. (5 de JUNIO de 2018). *GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DE PORTOVELO*. Obtenido de [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/63-4.1.3-PDyOT%20PORTOVELO\(1\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/63-4.1.3-PDyOT%20PORTOVELO(1).pdf)
- GAD-Municipal del Cantón Portovelo. (3 de Marzo de 2019). *GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DE PORTOVELO*. Obtenido de http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/0760000930001_PDyOT%202014-2019_15-03-2015_23-32-58.pdf
- Gálvez, D. J. (2015). *Ciclo Hidrológico*. Perú.
- García, E. (1 de Noviembre de 2017). *Repositorio Universidad Andina Simón Bolívar*. Obtenido de <http://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/5355/1/T2086-MGDE-Garcia-El%20impacto.pdf>
- García, G. (2010). *Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente*. Masón.
- García, J., Peñafiel, D., & Rodríguez, R. (28 de Febrero de 2019). *Scielo*. Obtenido de http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-65422019000100185
- Garzón, J., Rodríguez, J. P., & Hernández, C. (11 de Agosto de 2017). *Scielo*. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/reus/v19n2/0124-7107-reus-19-02-00309.pdf>
- Ghosh RS, J. C. (2006). *Fate and transport of anthropogenic cyanide in soil and groundwater In: Cyanide in water and soil: chemistry, risk, and management*.
- Gómez, S. (2013). *Comportamiento de los sólidos en suspensión y sedimentales en cuerpos de agua: búsqueda de métodos aplicables al monitoreo comunitario*. Mexico.
- Gonzaga Luis, G. J. (2005). *Cianuración por Agitación para la Disolución de Oro de las Menas de Ponce Enríque*. Guayaquil.
- GONZÁLEZ, M. C. (2018). *BIODEGRADACIÓN DE CIANURO EN AGUAS Y SUELOS CONTAMINADOS POR LA MINERÍA DE ORO*. Bogotá.
- Gurbuz, F., Ciftci, H., Akcil, A., & Karahan, A. G. (2008). *Microbial detoxification of cyanide solutions: a new biotechnological approach using algae*.
- INDEX, N. E. (2019). *Método estandar APHA 4500 CN B Y E*.
- Index, N. E. (2020). *Colorimetric Method for Cyanide in Distillate*. Obtenido de Colorimetric Method for Cyanide in Distillate: https://www.nemi.gov/methods/method_summary/5708/?fbclid=IwAR3jM63USqs08jnR8aVI008Xhg8gq2JuUElec07PzOINzUXNN9BQHm-Gv14
- INEC. (6 de Octubre de 2016). *Ecuadorencifras*. Obtenido de https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Municipios_2015/Documento_Tecnico-Gestion_de_Agua_y_Alcantarillado_2015.pdf

- INIGEMM. (2010). *Proyecto de Investigación Hidrogeología e Hidrogeoquímica en Zonas Mineras del Ecuador*. Quito.
- Jimeno, C. L. (2015). "Estudios de viabilidad en el desarrollo de proyectos mineros".
- Johnson, C. A. (2015). *The fate of cyanide in leach wastes at gold mines: An environmental perspective. Applied Geochemistry, 57, 194-205.*
- KAPOOR, K. B. (2003). *Use of a rotating biological contactor for removal of ammonium from mining effluents. The European Journal of Mineral Processing and Environmental Protection.*
- Kogel, J. E. (6 de julio de 2013). A look at the history of mining. *President's Page*, pág. 18. Obtenido de https://mineralseducationcoalition.org/wp-content/uploads/july_2013pres_entirearticle_mining_history.pdf
- Lauwerys., R. (2008). *Ácido cianhídrico, cianuros, nitrilos y sustancias similares*. Barcelona.
- Ledo, C. (2015). *BIORREMEDIACIÓN En las últimas décadas, la liberación de contaminantes al ambiente, producida principalmente como consecuencia del desarrollo industrial.*
- Leslie Grady, J. C. (2012). *Biological Wastewater Treatment, Third Edition.*
- Llerena, C. A. (2009). *Servicios ambientales de las cuencas y producción de agua, conceptos, valoración, experiencias y sus posibilidades de aplicación*. Perú.
- Logsdon, M. J. (2013). *El manejo del cianuro en la extracción del oro*.
- Lopez, D. (9 de abril de 2019). *eadic*. Obtenido de <https://www.eadic.com/la-explotacion-minera-presente-pasado-y-futuro-en-el-desarrollo-humano/>
- Lull, J. (11 de mayo de 2017). *CONEC*. Obtenido de <http://www.conec.es/arqueologia/el-oro-de-los-faraones/>
- MAE. (30 de Marzo de 2019). *Ambiente*. Obtenido de <https://www.ambiente.gob.ec/mae-trabaja-en-biorremediacion-en-montanita/>
- Mara, D. (2013). *Domestic Wastewater Treatment in Developing Countries*. New York.
- Marchand, P., & ORLANDO, E. (2004). *Microorganismos indicadores de la calidad del agua de consumo humano en Lima*. Perú.
- Marín, R. (2005). *Fisicoquímica y microbiología de los medios acuáticos. Tratamiento y control de calidad de aguas*. Madrid.
- MARISOL, M. V. (2010). *ANÁLISIS COMPARATIVO IN VITRO DE LA ACTIVIDAD BIODEGRADADORA DE BACTERIAS DEL GÉNERO PSEUDOMONAS SP. Y MICROORGANISMOS NATIVOS, PARA SU USO EN UN PROCESO DE BIORREMEDIACION IN SITU DE SALES DE CIANURO.*
- MARK J, L. K. (2017). *The Management of Cyanide in Gold Extraction. Cynide use in Gold Production.*
- Martínez, A., Pérez, E., Pinto, J., Gurrola, B., & Osorio, A. (6 de Enero de 2011). *Scielo*. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v27n3/v27n3a9.pdf>

- McQuiston, F. S. (2006). *Monografía de práctica de plantas de cianuración de oro y plata*. Instituto Americano de Minería, Metalúrgico y Petróleo, Engineers Inc.
- MEDINA, S. (2014). *Degradación Tiocianato por Hongos Aislados de Ambientes Mineros y Evaluación de su Capacidad Degradativa*.
- Mesquita, M. (5 de octubre de 2015). *ResearchGate*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/277360264_Thoughts_on_Mining_History
- Ministerio de energía y recursos naturales no renovables. (28 de Marzo de 2020). *GK*. Obtenido de <https://gk.city/2019/07/29/mineria-gran-escala-mirador/>
- Ministerio de minería. (21 de junio de 2017). *Competencias*. Obtenido de <http://www.competencias.gob.ec/wp-content/uploads/2017/06/04PPP2016-PLAN.pdf>
- Mora, G., & Ramiro, R. (2008). *Historia y Actualidad Explotación minera Cantones Zaruma y Portovelo Provincia de El Oro*. Quito.
- Muñoz, V. (2015). *Historia del Canton Portovelo*. Machala: CCE "BENJAMIN CARRION".
- Murillo, R. (2010). *Zaruma y Porotvelo Historia Minera*. Machala: Casa de la Cultura Ecuatoriana "Benjamín Carrión". Recuperado el 19 de Enero de 2020
- Nava, M. (3 de Diciembre de 2018). *LHistoria*. Obtenido de <https://www.lhistoria.com/ecuador/independencia-de-quito>
- New Jersey department of health and senior services. (2 de Febrero de 2012). Obtenido de <https://nj.gov/health/eoh/rtkweb/documents/fs/1693sp.pdf>
- NINAQUISPE, G. (2018). *ANÁLISIS DEL PROCESO DE ELIMINACIÓN DE SUSTANCIAS TOXICAS DE EFLUENTES CONTAMINADOS CON CIANURO EN PLANTAS METALÚRGICAS DE OBTENCIÓN DEL ORO*. Perú.
- Novak, D. F.-W. (2013). *Biotic and abiotic processes contribute to successful*.
- Nuñez, P. (16 de Agosto de 2009). *Portal gubernamental de la ASOCIACIÓN DE MUNICIPALIDADES ECUATORIANAS*. Obtenido de <http://patoxavito.blogspot.com/>
- Ordoñez, J. (2012). *El Ciclo Hidrológico*. Lima.
- Ordoñez, P. (2003). *Estudio preliminar para el tratamiento de lixiviados en un reactor de Biodiscos*. Colombia.
- ORDOÑEZ, P., & BETANCUR, A. (2006). *Estudio preliminar para el tratamiento de lixiviados en un reactor de biodiscos*. Colombia.
- PATIL, Y., & PAKNIKAR, K. (2008). *Development of a process for biodegradation of metal cyanides from waste waters*.
- Patricia, & OLMOS, V. (2013). *Revisión de la Toxicocinética y la toxicodinámica del ácido cianhídrico y los cianuros*.
- Peral, X. D. (2006). *Química ambiental de sistemas terrestres*. Reverté, S.A.
- Peters, E. (2009). *Ciénega de Santa Clara. Comprehensive Monitoring Program*. México.
- Pirc, E. L. (2012). *Influence of cyanide on the anaerobic degradation of glucose*. p 4.

- PQBio, por qué biotecnología. (30 de Octubre de 2013). *porquebiotecnologia*. Obtenido de http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/IQM_fitorremediacion_biotec__25656.pdf
- PRODEMINCA. (1999). *Monitoreo Ambiental de las Áreas Mineras en el Sur Del Ecuador*. Quito.
- Ramirez, A. (2010). *Toxicidad del cianuro: Investigación bibliográfica de sus efectos en animales y en el hombre*.
- REFORMA TEXTO UNIFICADO LEGISLACION SECUNDARIA, MEDIO AMBIENTE, LIBRO VI. (18 de Mayo de 2018). *REPÚBLICA DEL ECUADOR*. Obtenido de <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112180.pdf>
- RESTREPO, O. J. (2006). *DEGRADACIÓN MICROBIANA DE CIANURO PROCEDENTE DE PLANTAS DE BENEFICIO DE ORO MEDIANTE UNA CEPA NATIVA DE P.fluorecens*. Colombia.
- Rigola, M. (2000). *Tratamiento de aguas industriales: aguas de proceso y residuales*. Barcelona.
- RODRÍGUEZ, C. A. (2015). "PLANTEAMIENTO Y EVALUACIÓN DE UN TRATAMIENTO BIOLÓGICO PARA AGUA RESIDUAL PROVENIENTE DE PROCESO DE MINERÍA AURÍFERA."
- ROMÁN, C., DURÁN, P., & ADRIANA, N. (6 de Diciembre de 2011). *Universidad Politecnica Salesiana*. Obtenido de file:///C:/Users/Usuario/AppData/Local/Temp/UPS-CT002203.pdf
- ROMERO, J. (2004). *Tratamiento de Aguas Residuales, Teoría y Principios de Diseño*. Colombia.
- Ronald, E. (2008). *Eisler's Encyclopedia of Environmentally Hazardous Priority Chemicals. Gold Mine Wastes*. Amsterdam.
- Ronzano, E. &. (2002). *Tratamiento biológico de las aguas residuales*. Madrid.
- Sainz, J. (2008). *Tecnologías para la sostenibilidad: procesos y operaciones unitarias en depuración de aguas residuales*. Madrid.
- Salazar, L. A. (2012). *Importancia de las especies de Trichoderma para el control de Macrophomina phaseolina en las áreas agrícolas del estado Aragua*.
- Sandoval, F. (24 de Julio de 2015). *pubs.iied.org*. Obtenido de <https://pubs.iied.org/pdfs/G00721.pdf>
- Silvia, N. &. (2013). *Producción Artesanal de Trichoderma*.
- SOCIEDAD NACIONAL DE MINERIA, P. Y. (2012). *Informe Quincenal De La Snmpe*. Perú.
- Spellman, F. R. (2014). *Handbook of Water and Wastewater Treatment Plant Operations, Third Edition*.
- SUÁREZ, P. A. (2014). *ESTADO DEL ARTE DE TÉCNICAS DE BIORREMEDIACIÓN DE EFLUENTES LÍQUIDOS CONTAMINADOS CON CIANURO GENERADOS EN EL BENEFICIO DEL ORO*. Bucaramanga.
- TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION Y MEDIO AMBIENTE. (18 de Mayo de 2018). *Ministerio del ambiente y agua*. Obtenido de <http://www.competencias.gob.ec/wp-content/uploads/2017/06/01NOR2003-TULSMA.pdf>

- Torres, D. (2005). *El papel de los microorganismos en la biodegradación de compuestos tóxicos, alicante*. España.
- UNICEF, W. (2015). *Progress on sanitation and drinking water. 2015 update and MDG assessment*. USA.
- Universidad de Alcalá Madrid. (27 de Noviembre de 2015). UAH. Obtenido de http://www3.uah.es/bioquimica/Tejedor/bioquimica_ambiental/biorremediacion.pdf
- Valencia, F. B. (2000). *Procesamiento de Menas Auríferas en el Sur del Ecuador*. Quito.
- VALLEJO, L., RUILOVA, J., & FARFÁN, K. (15 de Diciembre de 2010). UPS. Obtenido de <file:///C:/Users/Usuario/AppData/Local/Temp/UPS-CT001982.pdf>
- Vásquez, J. (2011). *Caracterización microbiológica y producción de Trichoderma harzianum y Trichoderma viride en cultivo artesanal*.
- Veliz, D. (2007). *Absorción y vías de administración de fármacos*.
- WHITLOCK, J., & MUDDER, T. (2008). *The homestake wastewater treatment process. Part I: design and startup of a full scale facility*.
- Wong, I., & Barrera., G. (2014). *Niveles de contaminación microbiológica, contaminación e Impacto Ambiental: Diagnóstico y Tendencias*. Colombia.
- YOUNGER, C., & JORDAN, T. (2007). *Cyanide remediation: current and past technologies*.

7. ANEXOS

Resultados obtenidos del Laboratorio

✓ Muestra Inicial



INFORME DE RESULTADOS

Informe N°: **MSV-IE 1020-19**
Orden de ingreso: **OI-360-19**

³CLIENTE: RENE CORREA
³DIRECCIÓN: JUAN 23 Y PIO 12
³IDENTIFICACION: AGUA DE MINERA
³PROCEDECENCIA: PORTOVELO
³TIPO DE MUESTRA: AGUA
CODIGO DE LA MUESTRA: 19360
³TIPO DE ENVASE: BOTELLA DE VIDRIO 750ml
³LOTE: N/A
FECHA DE RECEPCIÓN: 03/07/2019

FECHA DE ANALISIS: 04/07/2019 – 15/07/2019
FECHA DE ENTREGA: 17/07/2019
³FECHA DE ELAB/TOMA: 02/07/2019
³FECHA DE CAD: N/A
³FORMA DE CONSERVACION: REFRIGERACIÓN
MUESTREO: CLIENTE
REALIZACION DE ENSAYOS: LABORATORIO
NUMERO DE MUESTRAS: UNA (1)

ENSAYOS FISICOQUIMICOS

PARAMETRO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE U(k=2)
**CIANURO TOTAL	APHA 4500 CN B Y E	mg/l	258.0	N/A

**RESULTADO PROPORCIONADO POR LABORATORIO SUBCONTRATADO.

Dra. Sandra Guaraca Maldonado
GERENTE DE LABORATORIO



Los resultados expresados en este informe tienen validez solo para la muestra recibida en el laboratorio. Este informe no será reproducido sin la aprobación de MSV. Información proporcionada por el cliente. Se tendrá en cuenta el valor de la incertidumbre asociada al resultado y declarada por el método específico, para la declaración de criterios de conformidad, MSV está comprometido con la imparcialidad y Confidencialidad de la información y los resultados (este informe representa la aceptación de la política declarada de MSV en relación al tema)

FMC2101-06
LD

Página 1 de 1

Dirección: Avda. Las Américas y Turuhuaico (Redondel Miraflores 3er Piso)
Telf: 4045127 Cel: 0995 354 172 e-mail: sandraegm@hotmail.com

✓ Muestras consorcio (*P. Fluorescens* ATCC 49838 y *T. harzianum*) a los 15 días



Análisis de alimentos, aguas y suelos

INFORME DE RESULTADOS

Informe N°: M3V-JE 1104-20

Orden de Ingreso: OI-441-20

¹CLIENTE: RENE CORREA
²DIRECCIÓN: JUAN 23 Y PÍO 12
³IDENTIFICACION: AGUA DE MINERIA 3
⁴PROCEDENCIA: PORTOVELO
⁵TIPO DE MUESTRA: AGUA
CODIGO DE LA MUESTRA: 44120
⁶TIPO DE ENVASE: ENVASE PET; 100 ml.
⁷LOTE: N/A
FECHA DE RECEPCIÓN: 13/07/2020

FECHA DE ANALISIS: 13/07/2020 – 16/07/2020
FECHA DE ENTREGA: 27/07/2020
⁸FECHA DE ELAB/TOMA: 10/07/2020
⁹FECHA DE CAD: N/A
¹⁰FORMA DE CONSERVACION: REFRIGERACIÓN
MUESTREO: CLIENTE
REALIZACION DE ENSAYOS: LABORATORIO
NUMERO DE MUESTRAS: UNA (1)

ENSAYOS FISICOQUIMICOS

PARAMETRO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE U(k=2)
**CIANURO TOTAL	APHA 4500 CN B Y E	mg/l	0.665	N/A

Dra. Sandra Guaraca Maldonado
GERENTE DE LABORATORIO

Los resultados expresados en este informe tienen validez solo para la muestra recibida en el laboratorio. Este informe no será reproducido sin la aprobación de MSV. Información proporcionada por el cliente, MSV se responsabiliza exclusivamente de los análisis realizados. Regla de decisión: ¹Pass: el valor medido está por debajo del límite de tolerancia, ²Fail: el valor medido está por encima del límite de tolerancia, se tomará en cuenta la incertidumbre asociada al resultado, riesgo \leq 50% de probabilidad de aceptación falsa, se aplicará solo en los ensayos dentro del alcance de la acreditación del OAI. MSV está comprometido con la imparcialidad y Confidencialidad de la información y los resultados (este informe representa la aceptación de la política declarada de MSV en relación al tema)

INFORME DE RESULTADOS

Informe N°: MSV-IE 1103-20
Orden de Ingreso: OI-440-20

1CLIENTE: RENE CORREA
2DIRECCIÓN: JUAN 23 Y PÍO 12
3IDENTIFICACION: AGUA DE MINERIA 2
4PROCEDENCIA: PORTOVELO
5TIPO DE MUESTRA: AGUA
CODIGO DE LA MUESTRA: 44020
6TIPO DE ENVASE: ENVASE PET; 100 ml.
7LOTE: N/A
FECHA DE RECEPCIÓN: 13/07/2020

FECHA DE ANALISIS: 17/07/2020 – 24/07/2020
FECHA DE ENTREGA: 27/07/2020
8FECHA DE ELAB/TOMA: 10/07/2020
9FECHA DE CAD: N/A
10FORMA DE CONSERVACION: REFRIGERACIÓN
MUESTREO: CLIENTE
REALIZACION DE ENSAYOS: LABORATORIO
NUMERO DE MUESTRAS: UNA (1)

ENSAYOS FISICOQUIMICOS

PARAMETRO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE U(k=2)
**CIANURO TOTAL	APHA 4500 CN B Y E	mg/l	0.564	N/A



Dra. Sandra Guaraca Maldonado
GERENTE DE LABORATORIO

Los resultados expresados en este informe tienen validez solo para la muestra recibida en el laboratorio. Este informe no será reproducido sin la aprobación de MSV. Información proporcionada por el cliente, MSV se responsabiliza exclusivamente de los análisis realizados. Regla de decisión: **Pass:** el valor medido está por debajo del límite de tolerancia, **Fail:** el valor medido está por encima del límite de tolerancia; se tomará en cuenta la incertidumbre asociada al resultado, riesgo < 50% de probabilidad de aceptación falsa, se aplicará solo en los ensayos dentro del alcance de la acreditación del SAE. MSV está comprometido con la imparcialidad y Confidencialidad de la información y los resultados (este informe representa la aceptación de la política declarada de MSV en relación al tema)

INFORME DE RESULTADOS

Informe N°: MSV-IE 1102-20
Orden de Ingreso: OI-438-20

¹CLIENTE: RENE CORREA
²DIRECCIÓN: JUAN 23 Y PÍO 12
³IDENTIFICACION: AGUA DE MINERIA 1
⁴PROCEDENCIA: PORTOVELO
⁵TIPO DE MUESTRA: AGUA
CODIGO DE LA MUESTRA: 43920
⁶TIPO DE ENVASE: ENVASE PET; 100 ml.
⁷LOTE: N/A
FECHA DE RECEPCIÓN: 13/07/2020

FECHA DE ANALISIS: 13/07/2020 – 24/07/2020
FECHA DE ENTREGA: 27/07/2020
⁸FECHA DE ELAB/TOMA: 10/07/2020
⁹FECHA DE CAD: N/A
¹⁰FORMA DE CONSERVACION: REFRIGERACIÓN
MUESTREO: CLIENTE
REALIZACION DE ENSAYOS: LABORATORIO
NUMERO DE MUESTRAS: UNA (1)

ENSAYOS FISICOQUIMICOS

PARAMETRO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE U(k=2)
**CIANURO TOTAL	APHA 4500 CN B Y E	mg/l	0.272	N/A



Dra. Sandra Guaraca Maldonado
GERENTE DE LABORATORIO

Los resultados expresados en este informe tienen validez solo para la muestra recibida en el laboratorio. Este informe no será reproducido sin la aprobación de MSV. Información proporcionada por el cliente, MSV se responsabiliza exclusivamente de los análisis realizados. Regla de decisión: -Pasa: el valor medido está por debajo del límite de tolerancia, -Falla: el valor medido está por encima del límite de tolerancia; se tomará en cuenta la incertidumbre asociada al resultado, riesgo < 50% de probabilidad de aceptación falsa, se aplicará solo en los ensayos dentro del alcance de la acreditación del SAI. MSV está comprometido con la imparcialidad y Confidencialidad de la información y los resultados (este informe representa la aceptación de la política declarada de MSV en relación al tema)

✓ Muestras consorcio (*P. Fluorescens* ATCC 49838 y *T. harzianum*) a los 30 días



INFORME DE RESULTADOS

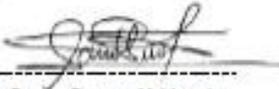
Informe N°: MSV-JE 1118-20
Orden de Ingreso: OI-482-20

1 CLIENTE: RENE CORREA
2 DIRECCIÓN: JUAN 23 Y PIO 12
3 IDENTIFICACION: AGUA DE MINERIA 1
4 PROCEDENCIA: PORTOVELO
5 TIPO DE MUESTRA: AGUA
CODIGO DE LA MUESTRA: 46220
6 TIPO DE ENVASE: ENVASE PET; 100 ml
7 LOTE: N/A
FECHA DE RECEPCIÓN: 27/07/2020

FECHA DE ANALISIS: 29/07/2020 – 07/08/2020
FECHA DE ENTREGA: 10/08/2020
8 FECHA DE ELAB/TOMA: 25/07/2020
9 FECHA DE CAD: N/A
10 FORMA DE CONSERVACION: REFRIGERACIÓN
MUESTREO: CLIENTE
REALIZACION DE ENSAYOS: LABORATORIO
NUMERO DE MUESTRAS: UNA (1)

ENSAYOS FISICOQUIMICOS

PARAMETRO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE U(k=2)
11 CIANURO TOTAL	APHA 4500 CN B YE	mg/l	0.326	N/A


Dra. Sandra Guarcá Maldonado
GERENTE DE LABORATORIO

Los resultados expresados en este informe tienen validez solo para la muestra recibida en el laboratorio. Este informe no será reproducido sin la aprobación de MSV. Información proporcionada por el cliente. MSV se responsabiliza exclusivamente de los análisis realizados. Regla de decisión:
12 Pasa: el valor medido está por debajo del límite de tolerancia; 13 Falla: el valor medido está por encima del límite de tolerancia; se tomará en cuenta la incertidumbre asociada al resultado, riesgo < 50% de probabilidad de aceptación falsa; se aplicará solo en los ensayos dentro del alcance de la acreditación del SAI. MSV está comprometido con la imparcialidad y Confidencialidad de la información y los resultados (este informe representa la aceptación de la política declarada de MSV en relación al tema)

INFORME DE RESULTADOS

Informe N°: MSV/JE 1117-20

Orden de Ingreso: OI-483-20

1CLIENTE: RENE CORREA
2DIRECCIÓN: JUAN 23 Y PÍO 12
3IDENTIFICACION: AGUA DE MINERIA 2
4PROCEDENCIA: PORTOVELO
5TIPO DE MUESTRA: AGUA
6CODIGO DE LA MUESTRA: 46320
7TIPO DE ENVASE: ENVASE PET; 100 ml.
8LOTE: N/A
9FECHA DE RECEPCIÓN: 27/07/2020

10FECHA DE ANALISIS: 29/07/2020 – 07/08/2020
11FECHA DE ENTREGA: 10/08/2020
12FECHA DE ELAB/TOMA: 29/07/2020
13FECHA DE CAD: N/A
14FORMA DE CONSERVACION: REFRIGERACIÓN
15MUESTREO: CLIENTE
16REALIZACION DE ENSAYOS: LABORATORIO
17NUMERO DE MUESTRAS: UNA (1)

ENSAYOS FISICOQUIMICOS

PARAMETRO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE U(k=2)
**CIANURO TOTAL	APHA 4500 CN B Y E	mg/l	0.301	N/A



Dra. Sandra Guasca Maldonado
GERENTE DE LABORATORIO

Los resultados expresados en este informe tienen validez solo para la muestra recibida en el laboratorio. Este informe no será reproducido sin la aprobación de MSV. Información proporcionada por el cliente. MSV se responsabiliza exclusivamente de los análisis realizados. Regla de decisión: **Pass:** si el valor medido está por debajo del límite de tolerancia; **Falla:** si el valor medido está por encima del límite de tolerancia; se tomará en cuenta la incertidumbre asociada al resultado, riesgo < 50% de probabilidad de aceptación falsa, se aplicará solo en los ensayos dentro del alcance de la acreditación del SAE. MSV está comprometido con la imparcialidad y Confidencialidad de la información y los resultados (este informe representa la aceptación de la política declarada de MSV en relación al tema)

INFORME DE RESULTADOS

Informe Nº: MSV-JE 1118-20
Orden de Ingreso: OI-484-20

1 CLIENTE: RENE CORREA
2 DIRECCIÓN: JUAN 23 Y P10 12
3 IDENTIFICACION: AGUA DE MINERIA 3
4 PROCEDENCIA: PORTOVELO
5 TIPO DE MUESTRA: AGUA
6 CODIGO DE LA MUESTRA: 46420
7 TIPO DE ENVASE: ENVASE PET; 100 ml
8 LOTE: N/A
9 FECHA DE RECEPCIÓN: 27/07/2020

FECHA DE ANALISIS: 29/07/2020 – 07/08/2020
FECHA DE ENTREGA: 10/08/2020
FECHA DE ELAB/TOMA: 25/07/2020
FECHA DE CAD: N/A
FORMA DE CONSERVACION: REFRIGERACIÓN
MUESTREO: CLIENTE
REALIZACION DE ENSAYOS: LABORATORIO
NUMERO DE MUESTRAS: UNA (1)

ENSAYOS FISICOQUIMICOS

PARAMETRO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE U(k=2)
**CIANURO TOTAL	APHA 4500 CN B Y E	mg/l	0.413	N/A



Dra. Sandra Guasca Maldonado
GERENTE DE LABORATORIO

Los resultados expresados en este informe serán válidos solo para la muestra recibida en el laboratorio. Este informe no será reproducido sin la aprobación de MSV. Información proporcionada por el cliente, MSV se responsabiliza exclusivamente de los análisis realizados. Regla de decisión: -Pasa: el valor medido está por debajo del límite de tolerancia, -Falla: el valor medido está por encima del límite de tolerancia; se tomará en cuenta la incertidumbre asociada al resultado, riesgo = 50% de probabilidad de aceptación falsa, se aplicará solo en los ensayos dentro del alcance de la acreditación del SAE, MSV está comprometido con la imparcialidad y Confidencialidad de la información y los resultados (este informe representa la excepción de la política declarada de MSV en relación al tema)

✓ Muestras bacterias *Pseudomonas Fluorescens* ATCC 49838 a los 15 días



INFORME DE RESULTADOS

Informe N°: MSV-IE138-20
Orden de Ingreso: OI-044-20

¹CLIENTE: RENE CORREA
²DIRECCIÓN: JUAN 23 Y PJO 12
³IDENTIFICACION: AGUA DE MINERA 2
⁴PROCEDENCIA: PORTOVELO
⁵TIPO DE MUESTRA: AGUA
CODIGO DE LA MUESTRA: 20044
⁶TIPO DE ENVASE: ENVASE PET 100 ml
⁷LOTE: N/A
FECHA DE RECEPCIÓN: 27/01/2020

FECHA DE ANALISIS: 29/01/2020 -31/01/2020
FECHA DE ENTREGA: 07/02/2020
⁸FECHA DE ELABITOMA: 25/01/2019
⁹FECHA DE CAD: N/A
¹⁰FORMA DE CONSERVACION: REFRIGERACION
MUESTREO: CLIENTE
REALIZACION DE ENSAYOS: LABORATORIO
NUMERO DE MUESTRAS: UNA (1)

ENSAYOS FISICOQUIMICOS

PARAMETRO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE U(k=2)
**CIANURO TOTAL	APHA 4500 CN B Y E	mg/l	0.279	N/A

**RESULTADO PROPORCIONADO POR LABORATORIO SUBCONTRATADO.


Dra. Sandra Guzmán Maldonado
GERENTE DE LABORATORIO



Los resultados expresados en este informe serán válidos solo para la muestra recibida en el laboratorio. Este informe no será reproducido sin la aprobación de MSV. Información proporcionada por el cliente. MSV se responsabiliza exclusivamente de los análisis realizados. Regla de decisión: -Pasa: si valor medido está por debajo del límite de tolerancia. +Falla: si valor medido está por encima del límite de tolerancia. se tomará en cuenta la incertidumbre asociada al resultado. riesgo = 50% de probabilidad de aceptación falsa, se aplicará solo en los ensayos. Dentro del alcance de la acreditación del IAF. MSV está comprometido con la imparcialidad y confiabilidad de la información y los resultados. Este informe representa la aceptación de la política declarada de MSV en relación al tema.

INFORME DE RESULTADOS

Informe N°: MSV-IE137-20
Orden de Ingreso: OI-083-20

¹CLIENTE: RENE CORREA
²DIRECCIÓN: JUAN 23 Y PÑO 12
³IDENTIFICACION: AGUA DE MINERA 1
⁴PROCEDENCIA: PORTOVELO
⁵TIPO DE MUESTRA: AGUA
CODIGO DE LA MUESTRA: 20043
⁶TIPO DE ENVASE: ENVASE PET 100 ml
⁷LOTE: N/A
FECHA DE RECEPCIÓN: 27/01/2020

FECHA DE ANALISIS: 29/01/2020 -31/01/2020
FECHA DE ENTREGA: 07/02/2020
⁸FECHA DE ELAB/TOMA: 25/01/2019
⁹FECHA DE CAD: N/A
¹⁰FORMA DE CONSERVACION: REFRIGERACION
MUESTREO: CLIENTE
REALIZACION DE ENSAYOS: LABORATORIO
NUMERO DE MUESTRAS: UNA (1)

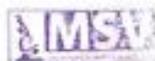
ENSAYOS FISICOQUIMICOS

PARAMETRO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE U(k=2)
**CIANURO TOTAL	APHA 4500 CN B Y E	mg/l	0.645	N/A

*RESULTADO PROPORCIONADO POR LABORATORIO SUBCONTRATADO.



Dra. Sandra Guasaca Meléndez
GERENTE DE LABORATORIO



Los resultados expresados en este informe tienen validez solo para la muestra recibida en el laboratorio. Este informe no será reproducido sin la aprobación de MSV. Información proporcionada por el cliente. MSV se responsabiliza exclusivamente de los análisis realizados. Regla de decisión: +Pass: el valor medido está por debajo del límite de tolerancia. +Fail: el valor medido está por encima del límite de tolerancia. se toma en cuenta la incertidumbre asociada al resultado. riesgo < 50% de probabilidad de aceptación falsa, se aplicará solo en los ensayos dentro del alcance de la acreditación del IAF. MSV está comprometido con la imparcialidad y Confidencialidad de la información y los resultados (este informe representa la aceptación de la política declarada de MSV en relación a temas)

INFORME DE RESULTADOS

Informe N°: MSV-IE128-20
Orden de Ingreso: 01-045-20

¹CLIENTE: RENE CORREA
²DIRECCIÓN: JUAN 23 Y PRO 12
³IDENTIFICACION: AGUA DE MINERA 3
⁴PROCEDENCIA: PORTOVELO
⁵TIPO DE MUESTRA: AGUA
CODIGO DE LA MUESTRA: 20045
⁶TIPO DE ENVASE: ENVASE PET 100 ml
⁷LOTE: N/A
FECHA DE RECEPCIÓN: 27/01/2020

FECHA DE ANALISIS: 29/01/2020 -31/01/2020
FECHA DE ENTREGA: 07/02/2020
FECHA DE ELABORACION: 25/01/2020
FECHA DE CAD: N/A
FORMA DE CONSERVACION: REFRIGERACION
MUESTREO: CLIENTE
REALIZACION DE ENSAYOS: LABORATORIO
NUMERO DE MUESTRAS: UNA (1)

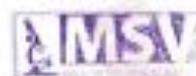
ENSAYOS FISICOQUIMICOS

PARAMETRO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE U(k=2)
CMANURO TOTAL	APHA 4500 CN B Y E	mg/l	0.918	N/A

⁸RESULTADO PROPORCIONADO POR LABORATORIO SUBCONTRATADO.



Dra. Sandra Guarnica Maldonado
GERENTE DE LABORATORIO



Los resultados expresados en este informe tienen validez solo para la muestra recibida en el laboratorio. Este informe no será reproducido sin la aprobación de MSV. Información proporcionada por el cliente. MSV se responsabiliza exclusivamente de los análisis realizados. **Regla de decisión:** -Falsa: el valor medido está por debajo del límite de tolerancia, -Falsa: el valor medido está por encima del límite de tolerancia; se tomará en cuenta la incertidumbre asociada al resultado, riesgo = 50% de probabilidad de aceptación falsa, se aplicará solo en los ensayos dentro del alcance de la acreditación del SNE. MSV está comprometido con la imparcialidad y Confidencialidad de la información y los resultados (este informe representa la aceptación de la política declarada de MSV en relación a la misma).

✓ Muestras bacterias *Pseudomonas Fluorescens* ATCC 49838 a los 30 días


Análisis de alimentos, aguas y suelos

INFORME DE RESULTADOS

Informe N°: MSV - 8241-20
Orden de Ingreso: OI-677-20

CLIENTE: RENE CORREA
DIRECCIÓN: JUAN 23 Y PJO 12
IDENTIFICACION: AGUA DE MINERA 3
PROCEDENCIA: PORTOVELLO
TIPO DE MUESTRA: AGUA
CODIGO DE LA MUESTRA: 07720
TIPO DE ENVASE: ENVASE PET 100 ml
LOTE: N/A
FECHA DE RECEPCIÓN: 13/02/2020

FECHA DE ANALISIS: 14/02/2020 - 27/02/2020
FECHA DE ENTREGA: 03/03/2020
FECHA DE ELABORACION: 10/02/2020
FECHA DE CAD: N/A
FORMA DE CONSERVACION: REFRIGERACION
MUESTREO: CLIENTE
REALIZACION DE ENSAYOS: LABORATORIO
NUMERO DE MUESTRAS: UNA (1)

ENSAYOS FISICOQUIMICOS

PARAMETRO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE U(k=2)
TURBIDEZ TOTAL	APHA 4500 CN 8 Y E	mg/l	0.230	N/A

*RESULTADO PROPORCIONADO POR LABORATORIO SUBCONTRATADO.


Dra. Sandra Guaraná Meléndez
GERENTE DE LABORATORIO



Los resultados expresados en este informe tienen validez solo para la muestra recibida en el laboratorio. Este informe no será reproducido sin la autorización de MSV. Información proporcionada por el cliente. MSV se responsabiliza exclusivamente de los análisis realizados. **Regla de decisión:** -Fase: el valor medido está por debajo del límite de referencia. -Fase: el valor medido está por encima del límite de referencia, se tomará en cuenta la incertidumbre asociada al resultado. (mayor 1 10% de probabilidad de aceptación falsa, se aplicará solo en los ensayos dentro del alcance de la acreditación del OAI). MSV está comprometido con la imparcialidad y Confidencialidad de la información y los resultados para este informe representa la aceptación de la política declarada de MSV en relación a este.

FMC2205-07
30

Página 1 de 1

Dirección: Avda. Las Américas y Tunahuaco (Redondel Miraflores Ter Piso)
Tel: 4645127 Cal: 8995 354 173 e-mail: sandraegm@hotmail.com



Análisis de alimentos, aguas y suelos

INFORME DE RESULTADOS

Informe N°: MSV. IE348-20
Órdenes de Inspección: OI-076-20

¹ CLIENTE: RENE CORREA	FECHA DE ANALISIS: 14/02/2020 - 27/02/2020
² DIRECCIÓN: JUAN 23 Y PISO 12	FECHA DE ENTREGA: 03/03/2020
³ IDENTIFICACION: AGUA DE MINERA 1	⁴ FECHA DE ELABORACION: 10/02/2020
⁵ PROCEDENCIA: PORTOVELO	⁶ FECHA DE CAD: N/A
⁷ TIPO DE MUESTRA: AGUA	⁸ FORMA DE CONSERVACION: REFRIGERACION
CODIGO DE LA MUESTRA: 07620	MUESTREO: CLIENTE
⁹ TIPO DE ENVASE: ENVASE PET 100 ml	REALIZACION DE ENSAYOS: LABORATORIO
¹⁰ LOTE: N/A	NUMERO DE MUESTRAS: UNA (1)
FECHA DE RECEPCION: 13/02/2020	

ENSAYOS FISICOQUIMICOS

PARAMETRO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE U/(k=2)
**CIANURO TOTAL	APHA 4500 CN B Y E	mg/l	0.402	N/A

**RESULTADO PROPORCIONADO POR LABORATORIO SUBCONTRATADO


Dra. Sandra Guarcá Maldonado
GERENTE DE LABORATORIO



Los resultados expresados en este informe tienen validez solo para la muestra recibida en el laboratorio. Este informe no será reproducido sin la aprobación de MSV. Información proporcionada por el cliente. MSV se responsabiliza exclusivamente de los análisis realizados. Regla de decisión: -Pasa: el valor medido está por debajo del límite de tolerancia. -Falla: el valor medido está por encima del límite de tolerancia; se tomará en cuenta la incertidumbre asociada al resultado. riesgo = 50% de probabilidad de aceptación falsa, se aplicará solo en los ensayos dentro del alcance de la acreditación del SAE. MSV está comprometido con la imparcialidad y Confidencialidad de la información y los resultados (este informe representa la aceptación de la política declarada de MSV en relación al tema).

FMC2101-07
LD

Página 1 de 1

Dirección: Avda. Las Américas y Turubuaico (Redondel Miraflores Jer Pisco)
Tel: 4045127 Cel: 0995 354 172 e-mail: sandraegm@hotmail.com

INFORME DE RESULTADOS

Informe N°: MSV. IE242-20

Orden de Ingreso: OI-078-20

¹CLIENTE: RENE CORREA

²DIRECCIÓN: JUAN 23 Y PÍO 12

³IDENTIFICACION: AGUA DE MINERA 3

⁴PROCEDENCIA: PORTOVELD

⁵TIPO DE MUESTRA: AGUA

CODIGO DE LA MUESTRA: 07820

⁶TIPO DE ENVASE: ENVASE PET 100 ml

⁷LOTE: N/A

FECHA DE RECEPCIÓN: 13/02/2020

FECHA DE ANALISIS: 14/02/2020 – 27/02/2020

FECHA DE ENTREGA: 03/03/2020

⁸FECHA DE ELABITOMA: 10/02/2020

⁹FECHA DE CAD: N/A

¹⁰FORMA DE CONSERVACION: REFRIGERACION

MUESTREO: CLIENTE

REALIZACION DE ENSAYOS: LABORATORIO

NUMERO DE MUESTRAS: UNA (1)

ENSAYOS FISICOQUIMICOS

PARAMETRO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE U(k=2)
**CIANURO TOTAL	APHA 4500 CN B Y E	mg/l	0.444	N/A

**RESULTADO PROPORCIONADO POR LABORATORIO SUBCONTRATADO.



Dra. Sandra Guisasa Maldonado
GERENTE DE LABORATORIO



Los resultados expresados en este informe tienen validez solo para la muestra recibida en el laboratorio. Este informe no será reproducido sin la aprobación de MSV. Información proporcionada por el cliente. MSV se responsabiliza exclusivamente de los análisis realizados. Regla de decisión: *Para el valor medido está por debajo del límite de tolerancia, *Falta el valor medido está por encima del límite de tolerancia, se tomará en cuenta la incertidumbre asociada al resultado, riesgo = 50% de probabilidad de aceptación falsa, se aplicará solo en los ensayos dentro del alcance de la acreditación del SAE. MSV está comprometido con la imparcialidad y Confidencialidad de la información y los resultados (este informe representa la aceptación de la política declarada de MSV en relación al tema)

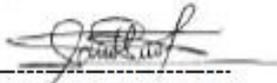
FMC2101-07

LD

Página 1 de 1

Dirección: Avda. Las Américas y Turuhualco (Redonda Miraflores 3er Piso)
Tel: 4045127 Cel: 0995 354 172 e-mail: sandraegm@hotmail.com

✓ Muestras hongo *Trichoderma harzianum* a los 15 días

 <i>Análisis de alimentos, aguas y suelos</i>		INFORME DE RESULTADOS		
		Informe N°: MSV-IE 1124-20 Orden de Ingreso: OI-488-20		
1 CLIENTE: RENE CORREA		FECHA DE ANALISIS: 17/08/2020 – 25/08/2020		
2 DIRECCIÓN: JUAN 23 Y PÍO 12		FECHA DE ENTREGA: 28/08/2020		
3 IDENTIFICACION: AGUA DE MINERIA 1		4 FECHA DE ELAB/TOMA: 12/08/2020		
5 PROCEDENCIA: PORTOVELO		6 FECHA DE CAD: N/A		
7 TIPO DE MUESTRA: AGUA		8 FORMA DE CONSERVACION: REFRIGERACIÓN		
CODIGO DE LA MUESTRA: 48620		MUESTREO: CLIENTE		
9 TIPO DE ENVASE: ENVASE PET; 100 ml.		REALIZACION DE ENSAYOS: LABORATORIO		
10 LOTE: N/A		NUMERO DE MUESTRAS: UNA (1)		
FECHA DE RECEPCIÓN: 14/08/2020				
ENSAYOS FISICOQUIMICOS				
PARAMETRO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE U(k=2)
CIANURO TOTAL	APHA 4500 CN B Y E	mg/l	0.435	N/A
 Dra. Sandra Guarica Maldonado GERENTE DE LABORATORIO				
<p>Los resultados expresados en este informe tienen validez solo para la muestra recibida en el laboratorio. Este informe no será reproducido sin la aprobación de MSV. Información proporcionada por el cliente, MSV se responsabiliza exclusivamente de los análisis realizados. Regla de decisión: -Pasa: el valor medido está por debajo del límite de tolerancia, -Falla: el valor medido está por encima del límite de tolerancia, se tomará en cuenta la incertidumbre asociada al resultado, riesgo < 50% de probabilidad de aceptación falsa, se aplicará solo en los ensayos dentro del alcance de la acreditación del SABL. MSV está comprometido con la imparcialidad y Confidencialidad de la información y los resultados (este informe representa la aceptación de la política declarada de MSV en relación al tema)</p>				
FMC2101-07 LD		Pagina 1 de 1		
		Dirección: Avda. Las Américas y Turuhuaico (Redondel Miraflores 3er Piso) Telf: 4045127 Cel: 0995 354 172 e-mail: sandraegm@hotmail.com		



Análisis de alimentos, aguas y suelos

INFORME DE RESULTADOS

Informe N°: MSV-IE-1126-20

Orden de Ingreso: OI-487-20

1CLIENTE: RENE CORREA
2DIRECCIÓN: JUAN 23 Y PÍO 12
3IDENTIFICACION: AGUA DE MINERIA 2
4PROCEDENCIA: PORTOVELO
5TIPO DE MUESTRA: AGUA
CODIGO DE LA MUESTRA: 48720
6TIPO DE ENVASE: ENVASE PET; 100 ml.
7LOTE: N/A
FECHA DE RECEPCIÓN: 14/08/2020

FECHA DE ANALISIS: 17/08/2020 – 25/08/2020
FECHA DE ENTREGA: 28/08/2020
8FECHA DE ELAB/TOMA: 12/08/2020
9FECHA DE CAD: N/A
10FORMA DE CONSERVACION: REFRIGERACIÓN
MUESTREO: CLIENTE
REALIZACION DE ENSAYOS: LABORATORIO
NUMERO DE MUESTRAS: UNA (1)

ENSAYOS FISICOQUIMICOS

PARAMETRO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE U(k=2)
**CIANURO TOTAL	APHA 4500 CN B YE	mg/l	0.656	N/A

Dra. Sandra Guzmán Maldonado
GERENTE DE LABORATORIO

Los resultados expresados en este informe tienen validez solo para la muestra recibida en el laboratorio. Este informe no será reproducido sin la aprobación de MSV. Información proporcionada por el cliente, MSV se responsabiliza exclusivamente de los análisis realizados. Regla de decisión: **-Pasa:** el valor medido está por debajo del límite de tolerancia, **-Falla:** el valor medido está por encima del límite de tolerancia, se tomará en cuenta la incertidumbre asociada al resultado, riesgo = 50% de probabilidad de aceptación falsa, se aplicará solo en los ensayos dentro del alcance de la acreditación del SAE, MSV está comprometido con la imparcialidad y Confidencialidad de la información y los resultados (este informe representa la aceptación de la política declarada de MSV en relación al tema)

FMC2101-
07 LD

Dirección: Avda. Las Américas y Turuhuaico (Redondel Miraflores 3er Piso)
Telf: 4045127 Cel: 0995 354 172 e-mail: sandraegm@hotmail.com

Página 1 de 1

INFORME DE RESULTADOS

Informe N°: MSV-JE 1128-20

Orden de Ingreso: OI-488-20

1CLIENTE: RENE CORREA
2DIRECCIÓN: JUAN 23 Y PIO 12
3IDENTIFICACION: AGUA DE MINERIA 3
4PROCEDENCIA: PORTOVELO
5TIPO DE MUESTRA: AGUA
 CODIGO DE LA MUESTRA: 48820
6TIPO DE ENVASE: ENVASE PET; 100 ml.
7LOTE: N/A
 FECHA DE RECEPCIÓN: 14/08/2020

FECHA DE ANALISIS: 17/08/2020 – 25/08/2020
 FECHA DE ENTREGA: 28/08/2020
8FECHA DE ELAB/TOMA: 12/08/2020
9FECHA DE CAD: N/A
10FORMA DE CONSERVACION: REFRIGERACIÓN
 MUESTREO: CLIENTE
 REALIZACION DE ENSAYOS: LABORATORIO
 NUMERO DE MUESTRAS: UNA (1)

ENSAYOS FISICOQUIMICOS

PARAMETRO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE U(x=2)
**CIANURO TOTAL	APHA 4500 CN B Y E	mg/l	0.261	N/A



 Dra. Sandra Guaraca Maldonado
 GERENTE DE LABORATORIO

Los resultados expresados en este informe tienen validez solo para la muestra recibida en el laboratorio. Este informe no será reproducido sin la aprobación de MSV. Información proporcionada por el cliente, MSV se responsabiliza exclusivamente de los análisis realizados. Regla de decisión:
 -Pasa: el valor medido está por debajo del límite de tolerancia, -Falla: el valor medido está por encima del límite de tolerancia; se tomará en cuenta la incertidumbre asociada al resultado, riesgo < 50% de probabilidad de aceptación falsa, se aplicará solo en los ensayos dentro del alcance de la acreditación del SAI. MSV está comprometido con la imparcialidad y Confidencialidad de la información y los resultados (este informe representa la aceptación de la política declarada de MSV en relación al tema)

✓ Muestras hongo *Trichoderma harzianum* a los 30 días



Análisis de alimentos, aguas y suelos

INFORME DE RESULTADOS

Informe N°: MSV-IE-1131-20
Orden de Ingreso: OI-482-20

1 CLIENTE: RENE CORREA
2 DIRECCIÓN: JUAN 23 Y PISO 12
3 IDENTIFICACION: AGUA DE MINERIA 1
4 PROCEDENCIA: PORTOVELO
5 TIPO DE MUESTRA: AGUA
6 CODIGO DE LA MUESTRA: 49220
7 TIPO DE ENVASE: ENVASE PET; 100 ml
8 LOTE: N/A
9 FECHA DE RECEPCIÓN: 28/08/2020

FECHA DE ANÁLISIS: 31/08/2020 – 09/09/2020
FECHA DE ENTREGA: 09/09/2020
FECHA DE ELAB/TOMA: 27/08/2020
FECHA DE CAD: N/A
FORMA DE CONSERVACION: REFRIGERACIÓN
MUESTREO: CLIENTE
REALIZACION DE ENSAYOS: LABORATORIO
NUMERO DE MUESTRAS: UNA (1)

ENSAYOS FISIQUÍMICOS

PARAMETRO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE U(k=2)
**CIANURO TOTAL	APHA 4500 CN B Y E	mg/l	0.268	N/A

Dra. Sandra Guaraca Maldonado
GERENTE DE LABORATORIO

Los resultados expresados en este informe tienen validez solo para la muestra recibida en el laboratorio. Este informe no será reproducido sin la aprobación de MSV. Información proporcionada por el cliente. MSV se responsabiliza exclusivamente de los análisis realizados. Regla de decisión: -Pasa: si el valor medido está por debajo del límite de tolerancia; -Falla: si el valor medido está por encima del límite de tolerancia; se tomará en cuenta la incertidumbre asociada al resultado, riesgo = 50% de probabilidad de aceptación falsa, se aplicará solo en los ensayos dentro del alcance de la acreditación del SAI. MSV está comprometido con la imparcialidad y Confidencialidad de la información y los resultados (este informe representa la aceptación de la política declarada de MSV en relación al tema)

FMC2101-
07 LD

Dirección: Avda. Las Américas y Turuhuaico (Redondel Miraflores 3er Piso)
Telf: 4045127 Cel: 0995 354 112 e-mail: sandraegm@hotmail.com

Página 1 de 1

INFORME DE RESULTADOS

Informe N°: MSV/JE 1132-20
Orden de Ingreso: OI-483-20

1CLIENTE: RENE CORREA
2DIRECCIÓN: JUAN 23 Y PÍO 12
3IDENTIFICACION: AGUA DE MINERIA 2
4PROCEDENCIA: PORTOVELO
5TIPO DE MUESTRA: AGUA
CODIGO DE LA MUESTRA: 49320
6TIPO DE ENVASE: ENVASE PET; 100 ml.
7LOTE: N/A
FECHA DE RECEPCIÓN: 29/08/2020

FECHA DE ANALISIS: 31/08/2020 – 08/09/2020
FECHA DE ENTREGA: 09/09/2020
8FECHA DE ELAB/TOMA: 27/08/2020
9FECHA DE CAD: N/A
10FORMA DE CONSERVACION: REFRIGERACIÓN
MUESTREO: CLIENTE
REALIZACION DE ENSAYOS: LABORATORIO
NUMERO DE MUESTRAS: UNA (1)

ENSAYOS FISICOQUIMICOS

PARAMETRO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE U(k=2)
**CIANURO TOTAL	APHA 4500 CN B YE	mg/l	0.289	N/A



Dra. Sandra Guzmán Maldonado
GERENTE DE LABORATORIO

Los resultados expresados en este informe tienen validez solo para la muestra recibida en el laboratorio. Este informe no será reproducido sin la aprobación de MSV. Información proporcionada por el cliente. MSV se responsabiliza exclusivamente de los análisis realizados. Regla de decisión: -Pasa: el valor medido está por debajo del límite de tolerancia. -Falla: el valor medido está por encima del límite de tolerancia, se tomará en cuenta la incertidumbre asociada al resultado, riesgo > 50% de probabilidad de aceptación falsa, se aplicará solo en los ensayos dentro del alcance de la acreditación del SAE. MSV está comprometido con la imparcialidad y Confidencialidad de la información y los resultados (este informe representa la aceptación de la política declarada de MSV en relación al tema)



Análisis de alimentos, aguas y suelos

INFORME DE RESULTADOS

Informe N°: MSV/IE 1133-20

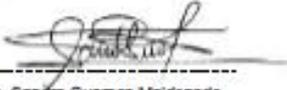
Orden de Ingreso: OI-484-20

1 CLIENTE: RENE CORREA
2 DIRECCIÓN: JUAN 23 Y PÍO 12
3 IDENTIFICACION: AGUA DE MINERIA 3
4 PROCEDENCIA: PORTOVELO
5 TIPO DE MUESTRA: AGUA
6 CODIGO DE LA MUESTRA: 49420
7 TIPO DE ENVASE: ENVASE PET; 100 ml
8 LOTE: N/A
9 FECHA DE RECEPCIÓN: 28/08/2020

10 FECHA DE ANÁLISIS: 31/08/2020 - 08/09/2020
11 FECHA DE ENTREGA: 09/09/2020
12 FECHA DE ELAB/TOMA: 27/08/2020
13 FECHA DE CAD: N/A
14 FORMA DE CONSERVACION: REFRIGERACIÓN
15 MUESTREO: CLIENTE
16 REALIZACION DE ENSAYOS: LABORATORIO
17 NUMERO DE MUESTRAS: UNA (1)

ENSAYOS FISICOQUIMICOS

PARAMETRO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE U(k=2)
CIANURO TOTAL	APHA 4500 CN B Y E	mg/l	0.301	N/A


Dra. Sandra Guaraca Maldonado
GERENTE DE LABORATORIO

Los resultados expresados en este informe tienen validez solo para la muestra recibida en el laboratorio. Este informe no será reproducido sin la aprobación de MSV. Información proporcionada por el cliente, MSV se responsabiliza exclusivamente de los análisis realizados. Regla de decisión: *Pasa: si el valor medido está por debajo del límite de tolerancia, *Falla: si el valor medido está por encima del límite de tolerancia, se tomará en cuenta la incertidumbre asociada al resultado, riesgo < 50% de probabilidad de aceptación falsa, se aplicará solo en los ensayos dentro del alcance de la acreditación del SAE. MSV está comprometido con la imparcialidad y Confidencialidad de la información y los resultados (este informe representa la aceptación de la política declarada de MSV en relación al tema)

FMC2101-
07 LD

Dirección: Avda. Las Américas y Turuhuaico (Redondel Miraflores 3er Piso)
Telf: 4045127 Cel: 0995 354 112 e-mail: sandraegm@hotmail.com

Página 1 de 1