



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA
“CALIDAD, PERTINENCIA Y CALIDEZ”
UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD
CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERA QUÍMICA

TEMA:

RIZOFILTRACIÓN DE PLOMO DEL AGUA DE LA PISCINA DE RELAVES
DE LA MINERA ORENAS S.A. DEL CANTÓN CAMILO PONCE ENRÍQUEZ-
AZUAY, UTILIZANDO *Coriandrum Sativum* (CULANTRO) EN HUMEDALES
ARTIFICIALES (2014).

AUTORA:

EGDA. VERÓNICA ALEXANDRA ALONSO HIDALGO.

TUTOR:

Dr. FREDDY PEREIRA MG. SC.

MACHALA – EL ORO – ECUADOR
2015

CERTIFICACIÓN

CERTIFICO:

Que he supervisado el siguiente trabajo de investigación titulado RIZOFILTRACIÓN DE PLOMO DEL AGUA DE LA PISCINA DE RELAVES DE LA MINERA ORENAS S.A. DEL CANTÓN CAMILO PONCE ENRÍQUEZ-AZUAY, UTILIZANDO *Coriandrum Sativum* (CULANTRO) EN HUMEDALES ARTIFICIALES (2014). Desarrollado por la egresada Verónica Alexandra Alonso Hidalgo, el mismo que está de acuerdo con lo instituido por la carrera de Ingeniería Química de la Unidad Académica de Ciencias Químicas y de la Salud de la Universidad técnica de Machala, por lo que autorizo su presentación.

Dr. Freddy Pereira Guanuche Mg,Sc
TUTOR

CESIÓN DE DERECHO DE AUTORÍA

Yo, **Verónica Alexandra Alonso Hidalgo**, con cédula de identidad 070504736-3, egresada de la carrera de Ingeniería Química, de la Unidad Académica de Ciencias Químicas y de la Salud, de la Universidad Técnica de Machala, responsable del presente Trabajo de Titulación con el tema: **RIZOFILTRACIÓN DE PLOMO DEL AGUA DE LA PISCINA DE RELAVES DE LA MINERA ORENAS S.A. DEL CANTÓN CAMILO PONCE ENRÍQUEZ-AZUAY, UTILIZANDO *Coriandrum Sativum* (CULANTRO) EN HUMEDALES ARTIFICIALES (2014)**. Durante los meses de Diciembre de 2014 hasta Junio de 2015, certifica que la responsabilidad de la investigación, resultados y conclusiones del presente trabajo pertenecen exclusivamente a mi autoría, una vez que ha sido aprobada por mi tribunal de sustentación de trabajo de titulación autorizando su presentación.

Deslindo a la Universidad Técnica de Machala de cualquier delito de plagio y cedo mis derechos de autor a la Universidad Técnica de Machala para que ella proceda a darle el uso que crea conveniente.

VERÓNICA ALEXANDRA ALONSO HIDALGO

C.I. 070504736-3

AUTORA

RESPONSABILIDAD

El presente Trabajo de Titulación **RIZOFILTRACIÓN DE PLOMO DEL AGUA DE LA PISCINA DE RELAVES DE LA MINERA ORENAS S.A. DEL CANTÓN CAMILO PONCE ENRÍQUEZ-AZUAY, UTILIZANDO *Coriandrum Sativum* (CULANTRO) EN HUMEDALES ARTIFICIALES (2014)**, resultados, conclusiones y recomendaciones son de responsabilidad única y exclusiva del autor.

Verónica Alexandra Alonso Hidalgo.

DEDICATORIA

A mis padres y hermanos (as) por el especial apoyo, amor, guía y sabios consejos que me han brindado siempre.

A Nelson por su amor, confianza y apoyo incondicional.

A Joe, Joao y Jair mis amados hijos, quienes representan mi máxima realización y mi motivación para superarme día a día.

A la familia de mi esposo, que también es la mía.

A mi tutor por brindarme sus conocimientos, tiempo y paciencia.

A todos los que me han apoyado, familiares, amigos y compañeros; gracias por esta realidad.

***“Aprendí que no se puede dar marcha atrás,
que la esencia de la vida es ir siempre adelante”.***

Thomas Carlyle.

AGRADECIMIENTO

A Dios por haberme dado la vida y colmarme de bendiciones. Con Dios todo, sin Dios nada.

A mis padres Sra. María Hidalgo y Sr. Fidel Alonso por su amor y apoyo incondicional, por haberme inculcado valores, por haberme dado una familia maravillosa y más aún por estar siempre pendientes de mis metas y logros alcanzados en el transcurso de mi vida personal y profesional.

A mi esposo, a su familia y a mis tres pequeños hijos por su motivación y amor.

A los docentes de la Unidad Académica de Ciencias Químicas y de la Salud por aportar sus conocimientos en mi formación académica.

A la Empresa Minera ORENAS S.A, quienes se distinguen por apoyar y dar la oportunidad de crecer profesionalmente.

De igual manera agradezco al Dr. Freddy Pereira Mg. Sc, mi tutor de tesis y a B.Q.F Ricardo León co- tutor de mi tesis quienes estuvieron guiándome para que pueda realizar y culminar con éxito este trabajo de titulación.

A mis amigos quiero agradecerles por su amistad, compañía y apoyo que siempre fue incondicional, sin importar donde estén quiero darles las gracias por haber hecho de mi etapa universitaria una vivencia maravillosa que llevaré guardadas el resto de mi vida en mi mente y corazón.

Gracias a todos por sus bendiciones.

Verónica Alexandra Alonso Hidalgo.

INDICE

CERTIFICACIÓN	ii
CESIÓN DE DERECHO DE AUTORÍA	iii
RESPONSABILIDAD	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
INDICE	vii
RESUMEN.....	xi
SUMMARY	xii
GLOSARIO	xiii
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.2 JUSTIFICACIÓN	4
1.3 OBJETIVOS.....	5
1.3.1 OBJETIVO GENERAL	5
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
1.4 VARIABLES	5
1.4.1 VARIABLE INDEPENDIENTE	5
1.4.2 VARIABLE DEPENDIENTE.....	5
1.5 HIPÓTESIS	5
2. MINERÍA EN EL ECUADOR	6
2.1 EMPRESA ORENAS	6
2.1.1 Molienda	7
2.1.1.1 Trituración y molienda	7
2.1.2 Cianuración	8

2.1.2.1 Diagrama de flujo proveniente del proceso de cianuración de la planta de beneficio la López (ORENAS).....	9
2.1.3 Planta de elución	10
2.1.3.1 Diagrama de flujo proveniente del proceso de elución de la planta de beneficio la López (ORENAS).....	11
2.1.4 Flotación.....	12
2.1.5 Refinación	12
2.1.5 Fundición	14
2.2 PISCINA DE RELAVES.....	14
2.2.1 Tratamiento de efluentes	15
2.2.1.1 Diagrama de bloques del balance de aguas del proceso de tratamiento primario de efluentes con el método AVR	16
2.3 CONTAMINACIÓN.....	17
2.3.1 CONTAMINACIÓN DEL AGUA POR METALES PESADOS	17
a. Fuentes y Efectos	17
b. Destino de los Contaminantes Metálicos	17
2.3.2 CONTAMINACIÓN DEL SUELO	18
2.3.2.1 Principales Contaminantes del Suelo.	18
a. Contaminantes Metálicos.	18
2.4 PLOMO.....	18
2.4.1 Tipos de Contaminación con Plomo	19
a. Laboral.....	19
b. Paralaboral	19
c. Laboral-domiciliaria	19
d. Ambiental	20
e. Domiciliaria.....	20
2.4.2 Vías de Contaminación.....	20
2.5 Coriandrum Sativum (CULANTRO).	20

NOMBRE COMÚN.....	20
2.5.1 Etimología	21
2.5.2 ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN.....	21
2.5.3 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DE LA PLANTA.....	21
2.5.4 HABITAT	22
2.5.5 CULTIVO Y COSECHA	23
2.5.6 USOS	23
2.6 PROCESOS UTILIZADOS POR LAS PLANTAS PARA ASIMILAR CONTAMINANTES.....	24
2.7 RIZOFILTRACIÓN.....	25
2.7.1 Diagrama de flujo proveniente del proceso de rizofiltración de plomo a efectuarse en el laboratorio de investigaciones de la unidad académica de ciencias químicas y de la salud de la universidad de Machala.....	25
3. MATERIALES Y MÉTODOS	26
3.1 METODOLOGÍA	26
3.1.1 Tipo de Investigación	26
3.1.2 Diseño de Investigación	26
3.2 MÉTODOS DE ANALISIS	26
3.2.1 TÉCNICA ANALÍTICA	26
3.2.2.1 Espectrofotometría.....	27
3.2.2.2 Espectrofotómetro De Absorción Atómica	27
a. PROCEDIMIENTO PARA LA UTILIZACIÓN DEL ESPECTROFOTÓMETRO DE ABSORCIÓN ATÓMICA SHIMADZU AA 6300.	29
3.2.3 TÉCNICA DE RIZOFILTRACIÓN.....	32
i. Toma de muestras, Concentración y Acidulación	32
iii. Preparación de Estándar de plomo.....	32
3.3 MATERIALES.....	33

3.3.1 UBICACIÓN	33
3.3.2 UNIVERSO Y MUESTRA.....	33
3.3.3 RECURSOS EMPLEADOS.....	34
3.3.3.1 RECURSOS HUMANOS	34
3.3.3.2 RECURSOS FÍSICOS	34
a. Material vegetal.....	34
b. Material a tratar	35
c. Materiales de laboratorio	35
d. Equipos	35
e. Sustancias	36
4. RESULTADOS.....	36
5. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	39
6. CONCLUSIONES.....	40
7. RECOMENDACIONES.....	41
8. BIBLIOGRAFÍA.....	42

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo determinar el grado de depuración del plomo (Pb) del agua de la piscina de relaves de cianuración de la empresa ORENAS S.A con la utilización de *Coriandrum Sativum* en humedales artificiales, el método empleado para la depuración del plomo será la rizofiltración y el tipo de investigación es analítico – experimental utilizando la espectrofotometría. Una vez montado el humedal con el agua de la piscina de relaves de la minera, y ya colocadas las plantas se procedió a tomar muestras del agua de la piscina de relaves contenida en el humedal artificial de lunes a viernes durante los meses de febrero, marzo y abril; las plantas de *Coriandrum sativum* (culantro) se las cambió cada cuatro días ya que ese fue el tiempo en que estas se mantenían vivas en el humedal y así poder lograr que la absorción del metal. Luego de la recolección de muestras y la preparación debida de éstas se realizó los análisis en el espectrofotómetro de absorción atómica SHIMADZU AA 6300 del laboratorio de Investigaciones de la Unidad Académica de Ciencias Químicas y de la Salud, para evaluar si la planta es eficiente de absorber plomo mediante sus raíces y verificar si los resultados están dentro de los límites permisibles en las normas ambientales vigentes en nuestro país para la descarga de efluentes a un cuerpo de agua dulce. Los estándares utilizados para la lectura de las muestras fueron de 1,2,3,4 ppm. El resultado final muestra que la concentración en el efluente del humedal está bajo los límites máximos permisibles que establece la norma de Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente (TULSMA).

Palabras Claves: Depuración, *Coriandrum Sativum*, rizofiltración, espectrofotometría.

SUMMARY

This research aims to determine the degree of purification of lead (Pb) of pool water cyanidation tailings Orenas SA company with the use of coriander in artificial wetlands, the method used for the purification of lead It will be the rhizofiltration and research is analytical - experimental using spectrophotometry. Once assembled the wetland water pool tailings from mining, and already placed plants proceeded to take water samples from the pool of tailings contained in the artificial wetland Monday through Friday during the months of February, March and April; plants coriander (cilantro) was the changed every four days and that was the time in which they are kept alive in the wetland and thus ensure that the absorption of metal. After sample collection and preparation due to these analyzes it was performed on the atomic absorption spectrophotometer SHIMADZU AA 6300 Research Laboratory of the Academic Unit of Chemistry and Health, to evaluate whether the plant is efficient to absorb Lead by their roots and see if the results are within the permissible limits in environmental standards in our country for the discharge of effluent into a body of fresh water. The standards used for reading samples were 1,2,3,4 ppm. The final result shows that the concentration in the effluent of the wetland is stable under which standard Unified Text of Secondary Environmental Legislation (TULSMA) maximum permissible limits.

Keywords: Debug, coriander, rhizofiltration, spectrophotometry.

GLOSARIO

TULSMA: Texto Unificado De Legislación Secundaria del Medio Ambiente.

AVR: Acidificación, Volatilización, Recuperación.

Quelante: Que tiene la propiedad de combinarse con los iones positivos bivalentes y trivalentes, formando complejos estables, desprovistos de toxicidad y eliminables a través de la orina.

Bioacumulación: Proceso de acumulación de ciertos productos dentro de los organismos.

Electrodeposición: La electrodeposición es un procedimiento electroquímico mediante el cual se logra cubrir una pieza con una fina capa de determinado metal. Para lograrlo se sumerge la pieza a cubrir en una solución electrolítica que contiene los iones del metal que formará la capa.

PH: Logaritmo negativo de la concentración de iones hidrógeno; es una medida del grado de acidez.

1. INTRODUCCIÓN

La rizofiltración, es una técnica de fitoremediación que usa raíces de plantas para descontaminar agua superficial, subterránea o efluentes líquidos contaminados con metales pesados, toxinas orgánicas, entre otros elementos. (Guevara A, 2009)

Existen varios procesos para lograr la separación del oro de demás metales asociados, el método más apropiado de acuerdo al tipo de material es la cianuración, esta técnica utilizando el cianuro como agente disolvente del oro es apropiada para minerales que poseen baja concentración de oro, y las reacción que se provoca al entrar en contacto el cianuro con el oro es que lo transforma en iones metálicos complejos que son solubles en agua.

Luego del proceso de molienda las arenas resultantes que contiene el mineral se almacenan en piscinas listas para pasar a los tanques de cianuración, en estos tanques de cianuración se deben tomar en cuenta varios parámetros importantes para que se realice el proceso de manera correcta, el material resultante de este proceso pasa a las piscinas de relaves en donde se tratan estas aguas para luego ser liberadas a las fuentes hídricas.

Existen varios métodos para la destoxificación de los efluentes producto de la cianuración. Los métodos más comunes son H_2O_2 peróxido de Hidrógeno, CLHO Gas cloro, Na_2S_3O Sulfito de Sodio – Bisulfito de Sodio, AVR, CAROS, Bacterias, Fitoremediación.

Como una alternativa a los altos costos de las tradicionales depuradoras, se ve la necesidad de aplicar el tratamiento pasivo de las aguas de relaveras, mediante la utilización de plantas en humedales artificiales los cuales presentan un gran potencial para el tratamiento del agua.

Por esta razón la presente investigación se realizará para reducir la concentración de plomo de la piscina de relaves de la planta de beneficio de la empresa minera ORENAS S.A, después del proceso de cianuración utilizando plantas de *Coriandrum Sativum* ya que

estudios recientes han demostrado que sirve para contrarrestar el plomo del organismo.
(León Cueva, 2013)

Esta metodología de tratamiento se plantea como una alternativa muy beneficiosa para disminuir la concentración de metales pesados contenidos en aguas de las piscinas de relaves y mediante estudios analíticos demostraremos si es eficiente y cumple con los parámetros establecidos en la norma de Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente (TULSMA).

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La actividad y explotación en beneficio de los minerales expone al ambiente varios metales que en exceso son tóxicos tales como Plomo (Pb), Mercurio (Hg), Cadmio (Cd), Arsénico (As) Y Cromo (Cr), muy dañinos para la salud humana y para la mayoría de las formas de vida, las aguas no tratadas de minas y plantas de beneficio llegan a las fuentes hídricas, cuando se abandonan metales tóxicos en el ambiente, contaminan el suelo y se bioacumulan en las plantas y los tejidos orgánicos.

Estos metales son muy peligrosos ya que no son química ni biológicamente degradables. Una vez emitidos pueden permanecer en el ambiente durante cientos de años.

De hecho, la toxicidad de estos metales ha quedado documentada a lo largo de la historia: los médicos griegos y romanos ya diagnosticaban síntomas de envenenamientos agudos por plomo mucho antes de que la toxicología se convirtiera en ciencia.

El problema de descargar aguas contaminadas por cualquier metal en especial con plomo a las fuentes hídricas es muy perjudicial para la salud humana o animal; en este caso si al trabajar con la metodología propuesta por dicha empresa los valores de plomo estarían fuera del límite máximo permisible como lo establece la norma TULSMA, se estaría contaminando la fuente hídrica en donde se realiza la descarga del efluente, cuyas aguas son utilizadas para riego.

1.2 JUSTIFICACIÓN

La presente investigación se realizará para remover el plomo soluble (Pb^{+2+4}) de la piscina de relaves del proceso de cianuración de la planta de beneficio de la empresa ORENAS S.A, utilizando plantas de (Coriandrum Sativum) culantro ya que estudios recientes han demostrado que tiene propiedad quelante.

Como alternativa a los altos costos de las tradicionales depuradoras, se ve la necesidad de aplicar la técnica de rizofiltración a las aguas de la piscina de relaves de proceso de cianuración, mediante la utilización de plantas de culantro en humedales artificiales los cuales presentan un gran potencial para el tratamiento del agua.

Esta metodología de tratamiento es una alternativa muy beneficiosa ya que presenta rendimientos aceptables para la eliminación de metales pesados y también debido a los bajos costos de instalación, operación y mantenimiento del humedal.

Los resultados de esta investigación comprobarán la eficiencia del tratamiento, donde se beneficiarán la biota del cuerpo receptor y a la vez es estéticamente amigable con el ambiente, por lo que se presenta como una forma de descontaminación socialmente aceptable para las comunidades circundantes y para los organismos de control respectivos. (Guevara A, 2009)

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar el grado de depuración del plomo (Pb) del agua de la piscina de relaves de la minera ORENAS S.A con la utilización de *Coriandrum Sativum* en humedales artificiales. (2014).

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la concentración de plomo contenida en el agua de la piscina de relaves de la minera ORENAS. S.A antes del proceso de rizofiltración.
- Establecer el diseño del humedal a utilizar en el proceso de investigación.
- Incluir el *Coriandrum Sativum* en el humedal con el agua en el que se va a eliminar el plomo.
- Evaluar la calidad del agua luego del proceso de rizofiltración.

1.4 VARIABLES

1.4.1 VARIABLE INDEPENDIENTE

Utilización de la planta *Coriandrum Sativum* (culantro).

1.4.2 VARIABLE DEPENDIENTE

Depuración de agua de relaveras.

1.5 HIPÓTESIS

El *Coriandrum Sativum* (culantro), utilizado como método de rizofiltración permitirá

reducir el grado de contaminación por plomo en los efluentes procedentes de la Minera ORENAS S.A.

2. MINERÍA EN EL ECUADOR

La minería básicamente es la extracción de materiales minerales y de otro tipo de la corteza terrestre, y por medio de la cual se obtiene un beneficio económico. La minería constituye una actividad que ha permitido el desarrollo de muchos países, su proceso involucra diferentes etapas, y las áreas complementarias como la maquinaria pesada es fundamental.

La minería de oro en el sur del Ecuador ha causado considerables impactos ambientales, siendo los más severos los de las áreas Portovelo, Zaruma y Ponce Enríquez.

Los principales contaminantes son cianuro, metales pesados y mercurio. Las fuentes más significativas de estos contaminantes son las colas descargadas directa o indirectamente en los ríos por los sistemas de disposición inadecuados.

La descarga de estos contaminantes ha provocado la extinción de toda forma de vida superior en ciertos tramos de ríos; además en varios lugares la mala calidad del agua imposibilita su uso como agua potable para irrigación o criaderos acuáticos.

2.1 EMPRESA ORENAS

La empresa ORENAS está dedicada a la producción de oro, ubicada en la provincia del Azuay, cantón Camilo Ponce Enríquez, en dicho cantón se encuentra en desarrollo en gran cantidad la actividad minera, debido a las condiciones geológicas de la zona presenta grandes yacimientos auríferos, los yacimientos son de origen hidrotermal y su forma de deposición es en betas, la roca encajante de la zona es principalmente andesita.

La empresa en su planta de beneficio ofrece además servicios a empresas del sector de Bella Rica para el procesamiento, elución, refinación, fundición y tratamiento de efluentes.

Los procesos químicos y metalúrgicos que se detallan a continuación se realizan en la planta de beneficio de la empresa ORENAS S.A para la obtención de oro. Fuente ORENAS S.A.

2.1.1 Molienda

La molienda es la operación por la cual se reduce de tamaño algún sólido, implicando un aumento de su superficie específica, para obtener cierto producto de tamaño definido, esto con el fin de favorecer una reacción química, ya que un aumento en la superficie específica incrementa la velocidad de reacción. En la industria es importante la reducción de tamaño de partículas sólidas por los siguientes aspectos:

Aunque los procesos de molienda o reducción de tamaño nos llevan a la optimización y ahorro de energía en la mayoría de procesos industriales, hay que tener en cuenta que esta operación también implica un gasto de energía que es menor- que va a depender mucho de las propiedades físicas y químicas de la materia prima a moler (Dureza, Peso Específico, Temperatura de ablandamiento, Estructura, entre otras.).

Dentro de los **procesos** de molienda deben distinguirse aquellos realizados en vía seca, de los llevados a cabo en vía húmeda. Tanto en un caso como en otro la tendencia actual es hacia tamaños de molienda más finos; en el caso de la vía húmeda quizás por la mayor dificultad de concentración de los minerales brutos tratados, o bien por la demanda del mercado solicitando concentrados más limpios.

2.1.1.1 Trituración y molienda

El material que se procesa en la planta de beneficio procede de la mina “Jerusalén” ubicada en el sector de Santa Martha, dicho sector pertenece a la asociación minera 12 de Octubre.

La concentración del oro del sector de Santa Martha está asociado a sulfuros de hierro, cobre y arsénico como la arsenopirita, calcopirita y pirita, el material es transportado mediante volquetas desde la mina hasta la tolva en el área de trituración y molienda de la empresa.

En el yacimiento el 60% del oro es refractario, por lo que se requiere una molienda muy fina a menos de 74 μm , es decir que el 80% del material pase la malla 200, para lograr la empresa invirtió en 2 molinos de bolas, de 6x4 y con una potencia de 100hp de 5x7 con una potencia de 300hp.

La producción de material alcanzada con los molinos es de 60 tn/día.

Para el proceso de molienda se deben tomar en cuenta varios parámetros importantes:

- Caudales
- Densidad de Pulpa
- % de material > a 74 μm

2.1.2 Cianuración

Existen varios procesos para lograr la separación del oro de demás metales asociados, el método más apropiado de acuerdo al tipo de material es la cianuración, esta técnica utilizando el cianuro como agente disolvente del oro es apropiada para minerales que poseen baja concentración de oro.

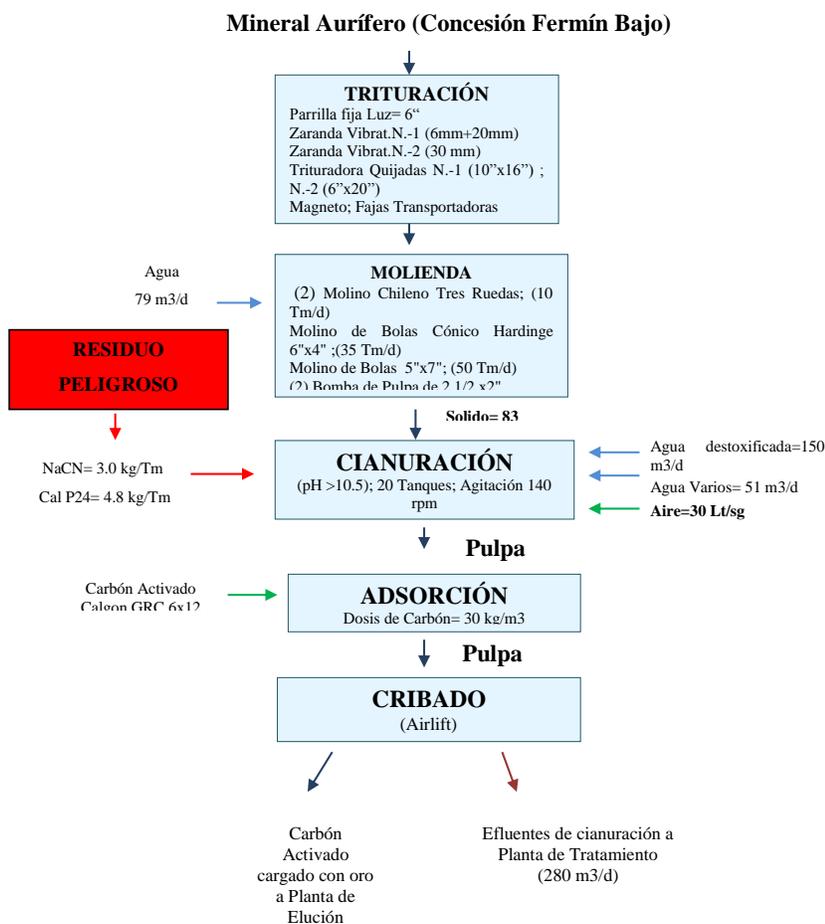
Luego del proceso de molienda las arenas resultantes que contiene el mineral se almacenan en piscinas listas para pasar a los tanques de cianuración.

En los tanques de cianuración se deben tomar en cuenta varios parámetros importantes para que se realice el proceso de manera correcta.

- Densidad de pulpa

- PH entre 9.5 a 10
- Kg de cianuro/m³ de pulpa
- Volumen de vacío del tanque

2.1.2.1 Diagrama de flujo proveniente del proceso de cianuración de la planta de beneficio la López (ORENAS).



Fuente: Empresa ORENAS S.A

2.1.3 Planta de elución

Luego de cianurar y agregar el carbón activado a los tanques de cianuración se “criba” el carbón que es mediante una bomba que provoca un diferencial de presión que hace que los carbones se eleven a la parte superior del tanque y mediante mallas se atrapa el carbón que se encuentra saturado.

Cabe recalcar que se debe realizar ensayos de carbón activado con el equipo de absorción atómica para conocer si el carbón dentro de la solución ya se encuentra saturado. Según lecturas del equipo se determina si es momento o no de retirar los carbones del tanque.

Una vez retirado los carbones pasan a una torre en donde se añade HCL con agua a 100 °C. La finalidad es de sacar de los poros del carbón el oro atrapado. El sistema de elución consiste en varios componentes, está formado por:

- Caldero
- Celda electrolítica
- Torres con carbón activado
- Enfriador de agua
- Fuente de poder

El procedimiento que se utiliza para la separación del oro del carbón se denomina “Zadra Presurizada”, en el cual se agrega calor y presión al procedimiento para que sea más rápido.

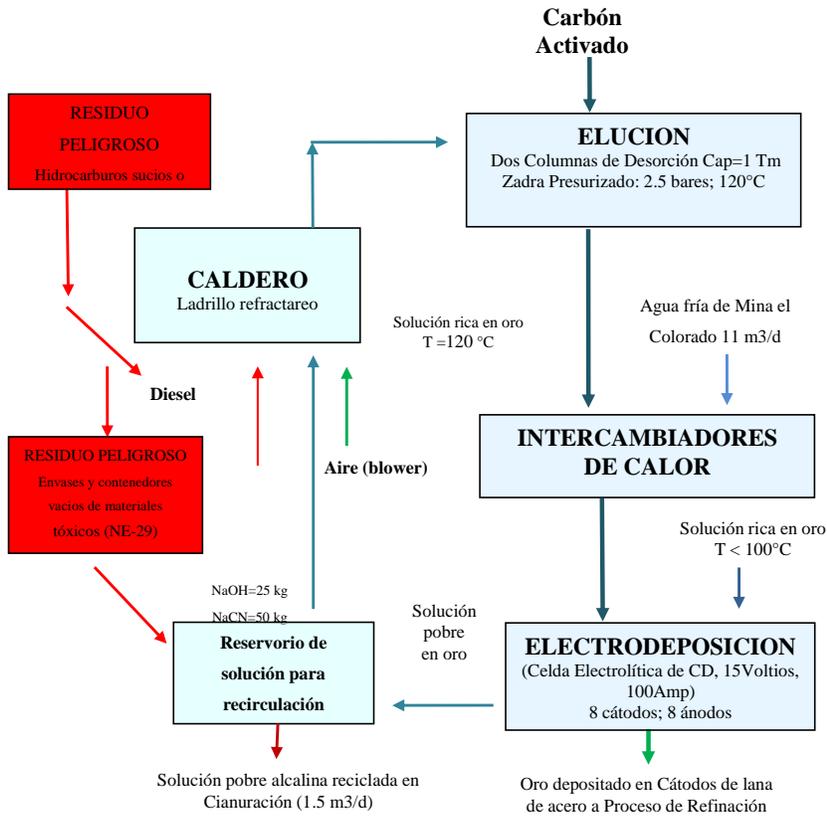
El carbón que se encuentra a presiones 4 bares se hace pasar agua a través de la torre a 100°C – 120°C, el agua que pasa por las torres pasa por un intercambiador de calor que enfría el agua.

El agua luego pasa por una celda electrolítica que se le conecta corriente directa lo que provoca que los iones metálicos positivos se adhieran al cátodo que están compuestos por

láminas de acero en donde se pegan los iones con cargas positivas, ahí se vuelven neutros y se precipitan los iones.

Para verificar la adhesión del oro en la celda se toman lecturas del agua antes de ingresar a la celda (cabeza), y después de la celda (cola), el proceso se realiza aproximadamente 24 h, aunque si las lecturas con el equipo de absorción atómica indica que aún existe oro en solución en el agua se mantiene el proceso hasta que las lecturas de la cola sean bajas.

2.1.3.1 Diagrama de flujo proveniente del proceso de elución de la planta de beneficio la López (ORENAS).



Fuente: Empresa ORENAS S.A

Comentado [B1]: Colocar la fuente

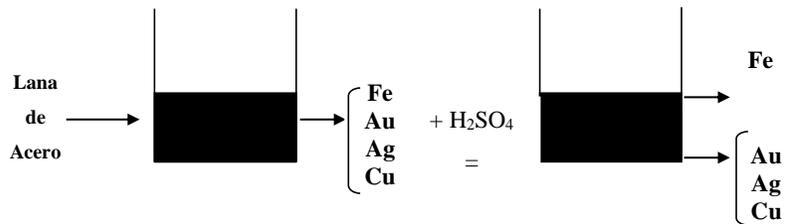
2.1.4 Flotación

En el proceso de flotación, este consiste en la separación de la pulpa hasta llegar a una densidad que obtenga el concentrado que sean portadores de oro.

2.1.5 Refinación

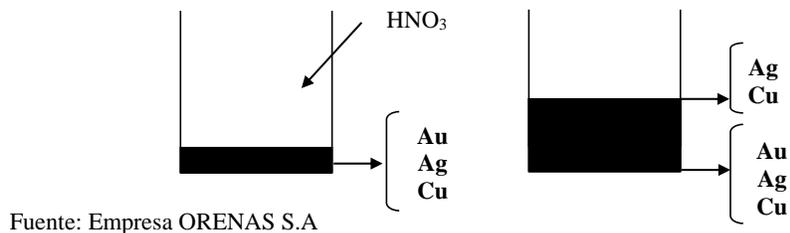
Para la refinación del oro se tienen las siguientes graficas que indican los reactivos que se agregan y las reacciones que se producen.

En un recipiente se coloca la lana de acero la cual contiene Au, Ag, Cu. Se le agrega ácido sulfúrico (H_2SO_4) con el cual se pasa a solución el hierro de la lana de acero y el residuo o parte sólida consta de Au, Ag y Cu.



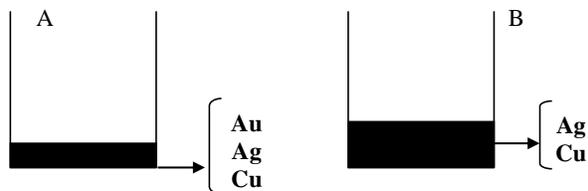
Fuente: Empresa ORENAS S.A

Se desecha la parte líquida y a la sólida se le agrega ácido nítrico (6lt) el cual pasa a solución la mayor parte de Cu y Ag. (80 – 90 %).



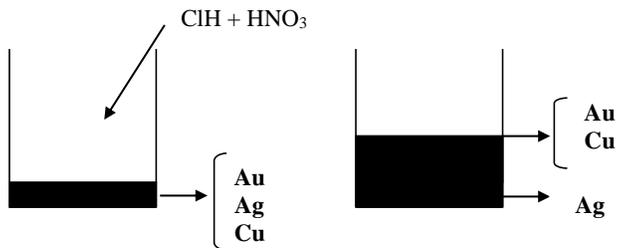
Fuente: Empresa ORENAS S.A

Luego la parte líquida es depositada en otro recipiente, ya que se tiene que recuperar la plata.



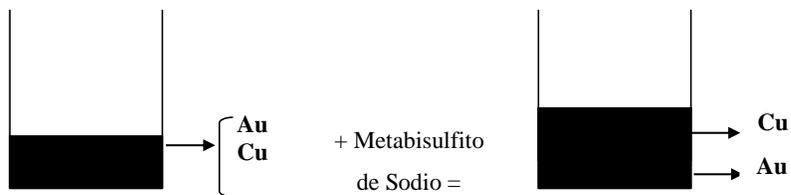
Fuente: Empresa ORENAS S.A

Al recipiente A se le agrega agua regia (3 partes de HCl y 1 parte de HNO₃), la cual lleva a solución el oro y el poco cobre que hay y precipita la plata (ClAg), entonces se separan estas dos fases.



Fuente Empresa ORENAS S.A

A la parte (Au y Cu) se le agrega metabisulfito de sodio, el cual precipita al oro.



Fuente: Empresa ORENAS S.A

Se decanta y se separa el sólido desechando la parte líquida. La parte sólida de color rojizo que es oro se lo seca y funde obteniendo un oro de un 98 – 99 % de pureza.

2.1.5 Fundición

El oro y la plata se secan, y éstas hechas polvo son fundidas en crisoles y vertidas en lingoteras que previamente han sido cubiertas en su interior por una capa de carbón, utilizando la llama reductora del soplete.

Además se le agrega al oro y la plata en polvo, bórax y nitrato de potasio (nitro) para disminuir el punto de fusión y extraer impurezas respectivamente. La pureza que se obtiene es del 96 – 98 %.

2.2 PISCINA DE RELAVES

Los relaves contienen altas concentraciones de químicos y elementos que alteran el medio ambiente, por lo que deben ser transportados y almacenados en «tanques o pozas de relaves» donde lentamente los contaminantes se van decantando en el fondo y el agua es recuperada o evaporada. El material queda dispuesto como un depósito estratificado de materiales sólidos finos.

Las Presas o Piscinas de Relaves de la Planta de Beneficio La López de la Compañía Minera ORENAS S.A, están ubicadas en la Comunidad San Miguel de Brasil, de la Parroquia Río Bonito, Cantón El Guabo de la Provincia de El Oro, a una altura de 90 m.s.n.m. con capacidad de confinamiento de 472.257 toneladas hasta la Cota 105 m.s.n.m, esta relavera se construyó mediante la aprobación del Estudio Ampliatorio de Impacto Ambiental mediante el oficio N° 862-SPA-DINAPAM-CSA-0805757 del 14 de abril del 2008. Foto N° 1.



Foto N° 1. Piscinas N°1, recubierta con geomembrana.
FUENTE PLANTA DE BENEFICIO LA LÓPEZ ORENAS S.A

2.2.1 Tratamiento de efluentes

Las Soluciones clarificadas de la piscina de relaves son transferidas por rebose a la piscina N°1 de almacenamiento (Cap.1500 m³) y de fotodegradación natural, el pH promedio es de 10.5.

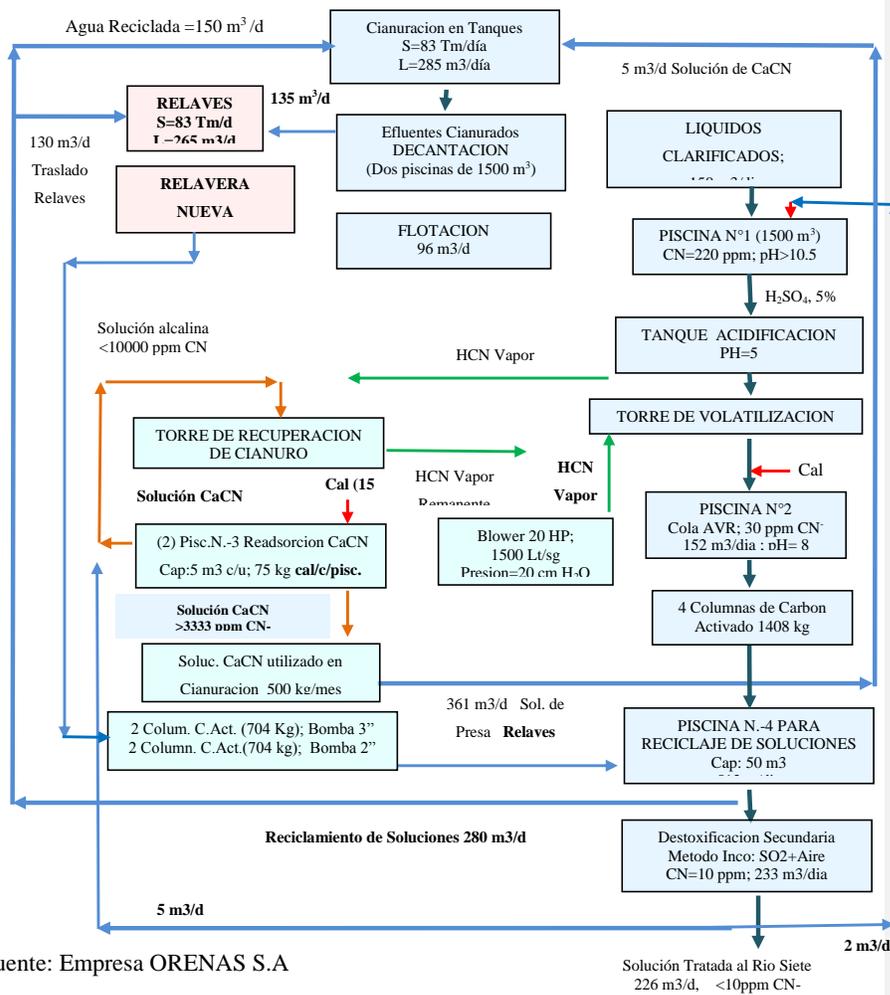
Existen varios métodos para la destoxificación de los efluentes producto de la cianuración. Los métodos más comunes son:

- H₂O₂ peróxido de sodio
- CLHO Gas cloro
- Na₂S₃O Sulfito de Sodio – Bisulfito de Sodio
- AVR
- CAROS
- Bacterias
- Fitoremediación

La empresa realiza el método del AVR ya que es un método económico y permite disminuir rápidamente las concentraciones de cianuro libre. Cabe recalcar que con este método la empresa reutiliza el cianuro para otros procesos. EL método consta de 2 etapas,

la primera que disminuye de una concentración inicial de cianuro libre de entre 300- 150 ppm, y la segunda etapa que es la destrucción del cianuro utilizando metabisulfito disminuye de entre 30 – 15 ppm a 5- 1 ppm.

2.2.1.1 Diagrama de bloques del balance de aguas del proceso de tratamiento primario de efluentes con el método AVR.



2.3 CONTAMINACIÓN

2.3.1 CONTAMINACIÓN DEL AGUA POR METALES PESADOS

Al hablar de la contaminación por metales, en general, se hace referencia a los problemas ocasionados por los metales pesados, sin embargo, no podemos ignorar que también otros metales tales como el sodio o potasio, aunque no resulten tóxicos para el hombre en la cantidad que habitualmente podemos llegar a encontrarlos, si pueden ocasionar problemas en determinados casos específicos, tales como la utilización en riego de aguas que los contienen.

Los metales pesados son uno de los contaminantes ambientales más peligrosos, debido a que no son biodegradables y a su potencial de bioacumulación en los organismos vivos. Entre ellos destacan por su toxicidad y su mayor presencia en el medio ambiente el mercurio, el cadmio y el plomo. (Orozco B, 2003)

a. Fuentes y Efectos

Las fuentes antropogénicas principales son las actividades de minería, fundiciones y refinado, que implican arrancar los metales de sus menas en los depósitos subterráneos, y posteriormente fundirlos y refinarlos hasta obtenerlos y convertirlos en bienes de consumo que, después de usados, se desechan. Durante estas operaciones se liberan metales al medio ambiente; también se emiten metales a la atmósfera por la combustión de combustibles fósiles, que en un periodo más o menos largo acaban depositándose en la superficie terrestre. (Orozco B, 2003)

b. Destino de los Contaminantes Metálicos

La mayoría de los contaminantes, metálicos terminan por alcanzar las aguas superficiales y subterráneas.

Los residuos de muchas operaciones industriales que contienen metales se encuentran en forma líquida y alcanzan rápidamente las aguas naturales.

2.3.2 CONTAMINACIÓN DEL SUELO

El impacto ambiental que sobre el suelo está ejerciendo el hombre ha originado que la contaminación del mismo sea uno de los problemas medioambientales que está recibiendo una creciente atención en los últimos años. Esto es debido a los riesgos directos que los suelos contaminados pueden ejercer sobre la salud humana y, a razones económicas derivadas de su limitación de uso y a la devaluación de los terrenos contaminados.

Se denomina suelo contaminado a una porción de terreno, superficial o subterránea, cuya calidad ha sido alterada como consecuencia del vertido, directo o indirecto, de residuos o productos peligrosos.

2.3.2.1 Principales Contaminantes del Suelo.

a. Contaminantes Metálicos.

Se refiere en especial al grupo de los metales pesados, que se encuentran en concentraciones entre 0,1 y 0,001 mg/lit en la disolución del suelo y se comportan como micronutrientes. Las principales fuentes de estos contaminantes son: vertidos industriales, actividades mineras, residuos, pesticidas, tráfico, etc. Los metales vertidos en mayor cantidad son: Mn, Zn, Cu, Cr, Pb, Ni, V, Mo, mientras que entre los minoritarios hay que destacar: Cd, Hg y Sb (semimetal), que son altamente tóxicos. (Orozco B, 2003)

2.4 PLOMO

El plomo se encuentra formando compuestos inorgánicos en diversos yacimientos naturales en toda la Tierra, de donde puede ser extraído con técnicas, de minería, fundición y

refinación. Sin embargo, y sin lugar a dudas, las actividades antropogénicas han hecho que el plomo se distribuya y contamine de manera masiva el ambiente.

2.4.1 Tipos de Contaminación con Plomo

Existen cinco tipos de contaminación con plomo a que está expuesto el ser humano, en nuestro medio; laboral, paralaboral, laboral-domiciliaria, ambiental y domiciliaria. (Calderón V, 2008)

a. Laboral

Esta contaminación se presenta cuando el trabajador se expone a este metal por arriba de los niveles recomendados para una industria que maneja grandes concentraciones de plomo, con procesos inadecuados o por deficiencia de los sistemas de seguridad.

b. Paralaboral

Es la contaminación de los miembros de la familia del trabajador, la cual se presenta cuando el trabajador se contamina en el trabajo y por un mal sistema de protección y de seguridad, lleva el plomo a su domicilio en su ropa, accesorios o herramientas de trabajo.

c. Laboral-domiciliaria

En esta variedad el domicilio se contamina por realizar en el mismo actividades laborales; es muy frecuente en poblaciones de escasos recursos, rurales o artesanales. La actividad laboral que se desarrolla no cuenta con los sistemas de seguridad y protección elementales y el material contaminante coexiste con todos los integrantes de la familia, quienes con frecuencia participan en el proceso. (Calderón V, 2008)

d. Ambiental

Es la contaminación que se encuentra en ambientes abiertos, debido a la cercanía con industrias sin medidas de protección ambiental, yacimientos naturales o sitios de desechos industriales, urbanos o incluso domiciliarios, y contamina la tierra, el agua o el aire y las plantas o animales de consumo humano.

e. Domiciliaria

Esta contaminación se presenta cuando los elementos contaminantes se encuentran en el interior del hogar, ya sea en la forma de preparar, consumir o almacenar alimentos o agua, o por la presencia del contaminante en la pintura de las paredes, los muebles, los juguetes, los accesorios o los cosméticos.

2.4.2 Vías de Contaminación

El plomo se ha distribuido globalmente y ha contaminado todo el ecosistema terrestre, además de tener particularidades en ecosistemas definidos. El plomo puede llegar al ser humano por las siguientes vías de contaminación: agua, aire, tierra, alimentos (plantas, animales, minerales y utensilios de cocina, consumo, conservación y almacenamiento), accesorios (ropa y alhajas) y cosméticos.

2.5 Coriandrum Sativum (CULANTRO).

NOMBRE COMÚN: Culantro, cilantro.

OTROS NOMBRES COMUNES: Cilantro, coriandro, perejil chino, cilantrillo, cilíndrico, recado, cilantro ancho, cilantro cimarrón, cilantro santo, cilantro de tierra. (Mendiola M, 2009)

NOMBRE CIENTÍFICO: *Coriandrum sativum*.

2.5.1 Etimología

El cilantro, *Coriandrum sativum*. Es una planta de uso antiguo, nativa de la región mediterránea, su nombre genérico Coriandrum del griego koriannon, una combinación de koris (un insecto maloliente; chinche) y annon (un fragante anís) alude al olor desagradable que producen sus frutos aún verdes, el cual se vuelve agradable al madurarse, y su nombre específico sativum, indica que es una planta cultivada. (Gonzalez S, 2010)

2.5.2 ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN

Esta planta probablemente es originaria del Oriente próximo del norte de África y oeste de Asia, pero se encuentra cultivada y naturalizada en gran parte de Europa. (Mendiola M, 2009)

Los romanos, quienes lo utilizaban en la cocina y la medicina, la introdujeron en Gran Bretaña donde fue ampliamente utilizada para condimentar su comida hasta el Renacimiento. En Europa se utilizaba también en la producción de cerveza. (Bautista J, 2013)

La información más antigua sobre el uso de cilantro por los seres humanos se remonta al Medio Oriente hace unos 9000 años. Desde el Medio Oriente el cilantrillo se dispersó por Asia, África, y Europa; de Europa fue llevado a América partir del siglo XV. (Morales J, 1995)

2.5.3 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DE LA PLANTA

Se trata de una planta anual herbácea perteneciente a la familia de las Apiáceas (Umbelíferas) caracterizada por presentar una altura de 70cm ; tallo macizo estriado; hojas basales dentadas divididas en anchos segmentados y hojas superiores finamente divididas y mucho más numerosas.

Las flores, son pequeñas bancas o ligeramente rosadas, dividido en cinco pétalos desiguales, dispuestas en umbelas terminales, hacen su aparición durante el verano y principio de otoño.

El fruto es un diaquenio redondeado, de unos 3 – 5 mm de diámetro; con diez costillas primarias longitudinales y ocho secundarias constituidas por mericarpios fuertemente unidos, de color amarillo marrón, contiene en su interior dos semillas (una de cada aquenio) y tiene un olor suave y agradable y un sabor fuerte, picante.

Las raíces son delgadas y muy ramificadas.

Cuando es fresca, tanto el fruto como la planta despiden un olor desagradable parecido al de los insectos conocidos como chinches. (Alonso J, 2004)

2.5.4 HABITAT

Se adapta a muchos tipos de suelos, pero suele crecer mejor en suelos fértiles con pH entre 6.5 y 7.5, con buena retención de humedad y buen drenaje. Aunque es bastante resistente al frío, no sobrevive en terrenos encharcados.

Es una hierba poco complicada que puede plantarse en jardines o macetas. (Mendiola M, 2009)

El cilantro requiere un clima templado, y aunque puede tolerar un clima templado-cálido, en éste experimenta una notable disminución del rendimiento.

Es poco exigente en suelos, pudiendo crecer en los francos, silíceo-arcillosos, algo calcáreo, ligero, fresco, permeable, profundo e incluso en los ligeramente ácidos, prefiriendo los calizos. Crece hasta una altitud de 1.200 m.

2.5.5 CULTIVO Y COSECHA

La plantación se realiza por semilla, en siembra directa sobre el terreno asentado.

El coriandro se siembra entre mayo y julio, cosechándose desde fines de noviembre hasta mediados de diciembre, según las zonas de producción. (MAGP, 2011) (Morales J, 1995)

Las semillas se siembran en hileras, a 30 cm unas de otras, y a 1 cm., de la superficie; a mayor profundidad no germinan pues necesitan claridad. En tales condiciones brotan a las tres semanas (MAGP, 2011)

Se ha demostrado que la producción de hojas y semillas es mayor cuando se utiliza riego, sin embargo éste no incrementa considerablemente la productividad. (MAGP, 2011)

Sus semillas se cosechan inmediatamente después de la madurez y luego se secan, desarrollándose sólo entonces su aroma y sabor agradables. (Conrado C, 2008)

2.5.6 USOS

Para usos medicinales se emplean los frutos los que contienen un aceite esencial rico en linalol, que es el principio activo al que se deben sus propiedades: Eupéptica: facilita la digestión (semillas). Carminativa: elimina los gases, antiespasmódica, y ligeramente tonificante del sistema nervioso cuando se toma en pequeñas dosis.

El cilantro se ha usado como vermífugo, aunque no se ha podido demostrar tal propiedad. (Mendiola M, 2009)

Diversos reportes señalan que esta planta presenta actividad hipotensora, diurética, hipolipidémica, antibacterial, antioxidante, hipoglicémica y antimutagénica.

En la convalecencia de enfermedades infecciosas, como tonificante y estimulante del apetito. (Gonzalez S, 2010)

**2.6 PROCESOS UTILIZADOS POR LAS PLANTAS PARA ASIMILAR
CONTAMINANTES.**

Cuadro N° 1 Diversos Procesos de Fitoremediación.

TIPO	PROCESO INVOLUCRADO	CONTAMINACIÓN TRATADA
Fitoextracción	Las plantas se usan para concentrar metales en las partes cosechables (hojas y raíces)	Cadmio, cobalto, cromo, níquel, mercurio, plomo, plomo selenio, zinc
Rizofiltración	Las raíces de las plantas se usan para absorber, precipitar y concentrar metales pesados a partir de efluentes líquidos contaminados y degradar compuestos orgánicos	Cadmio, cobalto, cromo, níquel, mercurio, plomo, plomo selenio, zinc isótopos radioactivos, compuestos fenólicos
Fitoestabilización	Las plantas tolerantes a metales se usan para reducir la movilidad de los mismos y evitar el pasaje a napas subterráneas o al aire.	Lagunas de deshecho de yacimientos mineros. Propuesto para fenólicos y compuestos clorados.
Fitoestimulación	Se usan los exudados radiculares para promover el desarrollo de microorganismos degradativos (bacterias y hongos)	Hidrocarburos derivados del petróleo y poliaromáticos, benceno, tolueno, atrazina, etc.
Fitovolatilización	Las plantas captan y modifican metales pesados o compuestos orgánicos y los liberan a la atmósfera con la transpiración.	Mercurio, selenio y solventes clorados (tetraclorometano y triclorometano)
Fitodegradación	Las plantas acuáticas y terrestres captan, almacenan y degradan compuestos orgánicos para dar subproductos menos tóxicos o no tóxicos.	Municiones (TNT, DNT, RDX , nitrobenceno, nitrotolueno), atrazina, solventes clorados, DDT , pesticidas fosfatados, fenoles y nitrilos, etc.

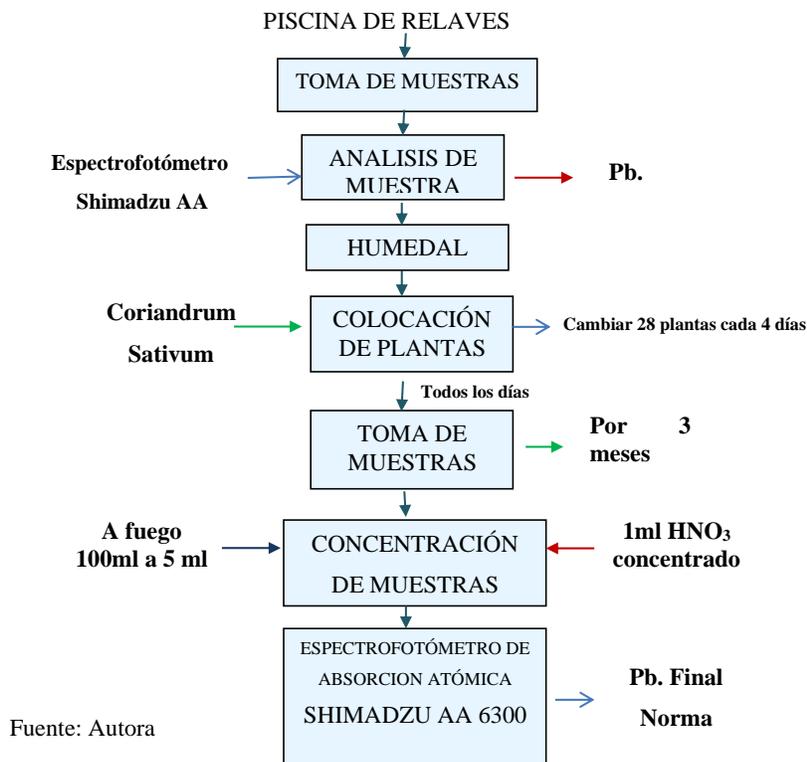
Fuente: (Cristhian Frers)

2.7 RIZOFILTRACIÓN

La rizofiltración es una técnica de fitorremediación para descontaminar aguas, agua superficial subterránea o efluentes líquidos contaminados con metales pesados, toxinas orgánicas, entre otros elementos. (Guevara A, 2009)

La rizofiltración es para absorber y adsorber contaminantes del agua y de otros efluentes acuosos, mediante la raíz de la planta.

2.7.1 Diagrama de flujo proveniente del proceso de rizofiltración de plomo a efectuarse en el laboratorio de investigaciones de la unidad académica de ciencias químicas y de la salud de la universidad de Machala.



3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 METODOLOGÍA

La metodología que se aplicó para el presente trabajo de titulación es de tipo experimental ya que se tomaron diversas pruebas de ensayo antes de obtener el resultado final para poder verificar si el sistema cumple o no con los parámetros establecidos en las normas TULSMA para recurso agua, en descarga de efluentes a un cuerpo de agua dulce TABLA #12, para ello se empleó el método espectrofotométrico. El muestreo es fundamental en todo proceso, por lo tanto se tomaron las debidas precauciones, para evitar errores y el resultado sea confiable.

3.1.1 Tipo de Investigación

La investigación fue de tipo descriptiva porque se obtuvieron datos de los análisis y se pudo describir lo que sucede en el sistema para de esta forma mediante la fase experimental determinar si cumple o no con las normas ambientales vigentes; también fue de tipo exploratorio porque se estudió la técnica adecuada para realizar el proceso.

3.1.2 Diseño de Investigación

El diseño de esta investigación es experimental, debido a que se realizó varios análisis para determinar las concentraciones de plomo absorbido y establecer si el sistema cumple o no con las normas ambientales vigentes; también es de tipo descriptiva porque describe el proceso que se realizó para poder evaluar la eficiencia del sistema de tratamiento.

3.2 MÉTODOS DE ANALISIS

3.2.1 TÉCNICA ANALÍTICA

Se analizó la muestra recolectada de la piscina de relaves del proceso de cianuración de la

empresa Orenas S.A para conocer la cantidad de Plomo inicial y se tomaron muestras posteriores para controlar la cantidad de plomo absorbido por el sistema de la planta y llevar el control basándonos en las normas TULSMA recurso agua para descarga de efluentes en un cuerpo de agua dulce que se encuentra en la TABLA # 12.

Las muestra se analizaron en el espectrofotómetro de absorción atómica marca SHIMADZU modelo 6300 AA, el cual posee un manual con el procedimiento a seguir para la calibración del mismo. Más adelante se describe el procedimiento de calibración y utilización del espectrofotómetro.

3.2.2 TÉCNICA DE ABSORCIÓN ATÓMICA

La técnica analítica de absorción atómica consiste en llevar a un estado de excitación a las moléculas de una solución acuosa mediante la aplicación de energía en forma térmica, por medio de una llama de una combinación oxígeno acetileno o bien de óxido nítrico acetileno, la muestra a alta temperatura se irradia con una luz a la longitud de onda a la cual el elemento en interés absorbe energía.

3.2.2.1 Espectrofotometría

La espectrofotometría de absorción atómica es una técnica formidable para la cuantificación de elementos químicos presentes en soluciones acuosas, la técnica requiere que la muestra se destruya en el proceso de quema de la misma.

Esta técnica analítica permite la cuantificación de muchos elementos de interés para la industria, la agricultura, la minería, la defensa del medio ambiente y la investigación científica en general.

3.2.2.2 Espectrofotómetro De Absorción Atómica

Un espectrofotómetro es un instrumento usado en el análisis químico que sirve para medir,

en función de la longitud de onda, la relación entre valores de una misma magnitud fotométrica relativos a dos haces de radiaciones y la concentración o reacciones químicas que se miden en una muestra. También es utilizado en los laboratorios de química para la cuantificación de sustancias y microorganismos. Foto N° 2; Cuadro N° 2.



Foto N° 2 ESPECTROFOTÓMETRO: Shimadzu AA 3600
Fuente: Laboratorio de Investigaciones de la Universidad
Técnica de Machala.

Cuadro N° 2 Datos del Espectrofotómetro a utilizarse en el proceso de rizofiltración de plomo.

ESPECTROFOTÓMETRO DE ABSORCIÓN ATÓMICA	
Descripción	A.A
Marca	Shimadzu
Modelo	AA-6300
Serie	A305244

Fuente: Autor

a. PROCEDIMIENTO PARA LA UTILIZACIÓN DEL ESPECTROFOTÓMETRO DE ABSORCIÓN ATÓMICA SHIMADZU AA 6300. (Andrade M, 2013)

Antes de proceder a calibrar, se debe chequear y ajustar cuidadosamente que la llave de Acetileno se encuentre abierta en donde la presión no debe bajar de 100 KPa (Kilo Pascales), ya que si esto ocurre lo que se estaría ocupando es Acetona y esto afectaría los resultados.

Se enciende el compresor, pero antes se debe revisar que no exista la presencia de agua en su interior para lo cual se debe sacar el tornillo que se encuentra en la parte inferior del tanque para que salga el agua en el caso de que tenga y encender.

Luego de esto se debe observar que no escape ningún vapor por las válvulas que se encuentran colocadas en el interior del laboratorio.

Se debe abrir el programa haciendo clic en el ícono WIZAARD, e inmediatamente aparecerá en la pantalla tres opciones.

Se debe elegir la opción Administration en donde se hace clic dentro del espectrofotómetro y pedirá que coloque la clave.

De inmediato saldrá un cuadro en donde aparecerá la palabra Element Selection y se hace un clic en Ok.

Luego se debe oprimir la palabra Select Elements.

Después de esto aparecerá un cuadro de texto en donde se escoge el tipo de metal con el que se va a trabajar en este caso Pb y se pone aceptar donde ya saldrá el elemento seleccionado y se hace clic en Siguiente.

Luego oprimir Calibration Curve Setup.

Rápidamente aparecerá un nuevo cuadro en donde se debe seleccionar Calibration Curve Parameter Setup en el que se debe modificar la concentración Unit, se debe seleccionar Zero Intercept y colocar las diluciones con las que se va a trabajar en N° of Lines, se guarda en Update y Ok.

Luego se selecciona Sample Group Setup que también se modifica la concentración y además se debe colocar la cantidad de muestras que se va a analizar en N° of Samples se guarda seleccionando Update se pone Ok y siguiente.

En este momento se debe conectar y se prende el equipo, se continúa con el programa en donde saldrá un cuadro donde se selecciona Connect/ Send Parameters.

Luego saldrá un cuadro en donde nos indica mediante gráficos si existe algún problema en el equipo los cuales son Testing (Prueba) amarillo, Success (Éxito) verde, Failure (Fracaso) rojo, los cuales toman su tiempo en cargarse.

La iluminación de las figuras debe salir de color verde a excepción de ASC Check y GFA Check porque el equipo no tiene incorporado Horno Grafito.

Saldrá un recuadro donde dice You can check the safty device now. Do you wish to check the fuel gas pressure monitor (usted puede comprobar el dispositivo safty ahora. ¿Quiere comprobar el monitor de presión de gas combustible).

El mismo que aparecerá varias veces se selecciona No y Aceptar. Inmediatamente aparecerá un cuadro en donde se debe de seleccionar todas las opciones y oprimir Ok.

Luego de esto saldrá un nuevo cuadro en donde se debe de encender la lámpara seleccionando Lamp ON aquí se debe verificar que la luz de la lámpara este centrada para esto se debe tomar un papel doblarlo en cuatro partes y la luz debe dar en la mitad del papel. Continuando esto se debe oprimir Line Search.

En la cual va a salir una curva que nos indica la longitud de onda que tiene el plomo y una vez que esté completa se selecciona Close y Siguiente.

Y aparecerá un cuadro donde se debe seleccionar Gas Flow Rate porque se va a trabajar con Plomo ya que en el caso que se trabaje con Mercurio se selecciona Atomizer Position y se debe hacer clic en Finalizar.

Finalmente va aparecer el cuadro con el que se va a trabajar en donde ya están colocadas las diluciones y el número de muestras que se modificaron previamente.

Y es aquí donde se debe encender la Llama para esto primero se debe oprimir el botón Negro de Ignición y luego mantener oprimido el botón Negro y Blanco.

Pero antes de colocar las muestras se debe de encerrar es decir llevar a cero la concentración de plomo para que no afecte o no varíen los resultados, para esto se coloca en un tubo de ensayo cierta cantidad de agua la misma que se debe de colocar en la manguera del equipo y se selecciona Auto Zero para que pueda aspirarla.

Luego de esto se coloca un Blanco en este caso el Acido Nitrico y similar al anterior se coloca en la manguera y se oprime Blank para que sea aspirada; como se trata de un Blanco es decir está libre de Plomo su concentración será cero.

Después el equipo automáticamente nos pedirá que coloquemos la Dilución Estándar previamente preparadas, oprimiendo el botón Start. Y de inmediato aparecerá la curva de calibración con la cual podemos empezar a trabajar.

Luego de esto ya podemos colocar las muestras preparadas con anticipación, oprimiendo el botón Start, en donde nos saldrá de forma inmediata las concentraciones y sus absorbancias es decir los resultados.

Una vez analizadas todas las muestras se extingue la llama oprimiendo el botón rojo.

Se guardan los resultados o si se desea se imprimen directamente y por último se Apaga el Equipo, se cierra la llave de Acetileno y se apaga el Compresor.

3.2.3 TÉCNICA DE RIZOFILTRACIÓN

Esta tecnología no trabaja bien con suelo, porque el contaminante necesita estar en solución para ser sorbido por el sistema de la planta.

i. Toma de muestras, Concentración y Acidulación

Se toman 50 ml de muestra con un recolector y a estas se las lleva al Multímetro portátil para medir el Ph luego se las concentra en una plancha marca CIMARED hasta 5 ml, luego se las filtra para evitar que existan posibles taponamiento del catete del espectrofotómetro posteriormente se acidula agregándole 1ml de HNO₃ ya que la solución es alcalina.

ii. Medición de Ph

Se lo realizó mediante medición directa utilizando el medidor multímetro portátil de Ph marca Hach, ya que la solución debe contener un pH ácido para que el espectrofotómetro pueda leer la concentración de plomo.

iii. Preparación de Estándar de plomo

Para la preparación de los estándares se utilizó 50 ul de estándar de plomo el cuál se lo midió con una micropipeta, esto se lo enraza con agua desionizada y se colocan 2 gotas de HNO₃ concentrado.

Se elaboraron estándares de 1 – 2 – 3 – 4 Ppm.

$$1) \quad V_1 = \frac{1(50ul)}{1000} \times 1000 = 50 \text{ ul}$$

$$2) V_2 = \frac{2(50ul)}{1000} \times 1000 = 100 \text{ ul}$$

$$3) V_3 = \frac{3(50ul)}{1000} \times 1000 = 150 \text{ ul}$$

$$4) V_4 = \frac{4(50ul)}{1000} \times 1000 = 200 \text{ ul}$$

Donde:

V = volumen

50ul = cantidad de estándar de plomo utilizado

ul = microlitros

3.3 MATERIALES

3.3.1 UBICACIÓN

Este trabajo de investigación se realizará con la toma de muestras de la piscina de relaves provenientes del proceso de cianuración de la planta de beneficio de la empresa ORENAS S.A.

Se encuentra ubicada en el sector La López, del Cantón Camilo Ponce Enríquez, Provincia del Azuay.

El proceso se realizará en el Laboratorio de Investigaciones, de la Unidad Académica de Ciencias Químicas y de la Salud, de la Universidad Técnica De Machala.

3.3.2 UNIVERSO Y MUESTRA.

El universo de trabajo para el presente proyecto será la descarga de efluentes líquidos del área de cianuración de la planta de beneficio de la empresa ORENAS S.A ubicada en el

sector la López del cantón Camilo Ponce Enríquez-Azuay, y el Humedal artificial que se encuentra en el Laboratorio de Investigaciones de la Unidad Académica de Ciencias Químicas y de la Salud de la Universidad Técnica de Machala.

El proyecto se lo realizará durante los meses de Noviembre y Diciembre del año 2014 y los meses de Enero y Febrero del año 2015.

El número total de muestras serán de 52 y el valor estimado de concentración de plomo en el agua después del proceso de rizofiltración es de 0,2 ppm tomados como referencia en la norma TULSMA para recurso agua, TABLA #12 en descarga de efluentes a un cuerpo de agua dulce.

3.3.3 RECURSOS EMPLEADOS

3.3.3.1 RECURSOS HUMANOS

El personal encargado de la presente investigación son la egresada Verónica Alexandra Alonso Hidalgo y como Tutor el Dr. Freddy Pereira Guanuche Mg. Sc.

3.3.3.2 RECURSOS FÍSICOS

a. Material vegetal

Plantas de *Coriandrum Sativum* (culantro). Variedad ANITA, cultivada en la parroquia Nuevo Santa Rosa Cantón Santa Rosa Provincia de El Oro.

VARIETY		ANITA	
PURITY	GERMINATION	INERT	
99%	85%	15%	

b. Material a tratar

El Agua a la que se le va a reducir la concentración de plomo se encuentra en la piscina de relaves proveniente del proceso de cianuración de la planta de beneficio de la empresa ORENAS S.A, sector La López Cantón Camilo Ponce Enríquez Provincia de El Azuay.

c. Materiales de laboratorio

Tubos de ensayo
Porta tubos de ensayo
Pipetas de 1ml
Vasos de precipitación de 50 ml
Agitador de vidrio
Pinzas
Papel de tornasol
Envases de plástico
Uniforme y accesorios
Documentos.
Micropipetas.
Balones de 50 ml.
Pisetas.
Papel filtro
Embudos
Guantes

d. Equipos

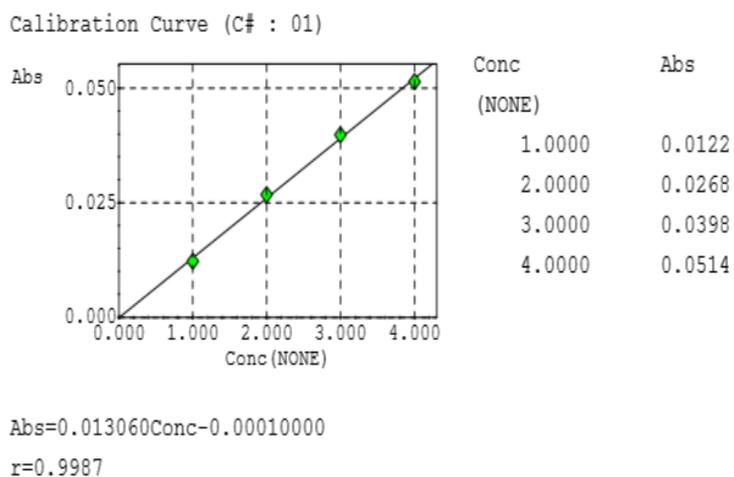
Espectrofotómetro Modelo: SHIMADZU 6300 AA
Cocineta eléctrica (plancha) marca CIMAREC
Humedal artificial Medidas: Largo 60 cm; Ancho 50 cm; Alto 25 cm.
Multímetro portátil de Ph marca Hach.

e. Sustancias

Estándar de Plomo
Ácido Nítrico (HNO₃)
Agua destilada.
Agua desionizada.

4. RESULTADOS

Figura N° 1 CURVA DE CALIBRACIÓN EN ESTÁNDAR DE PLOMO



La tabla muestra la correlación de la recta que determinó la calidad del ajuste de los estándares de plomo en el equipo de absorción atómica en donde $r = 0.9987$ que es cercano a 1, por lo tanto da una expectativa de resultados confiables.

TABLA N° 1 DE TOMA DE MUESTRAS

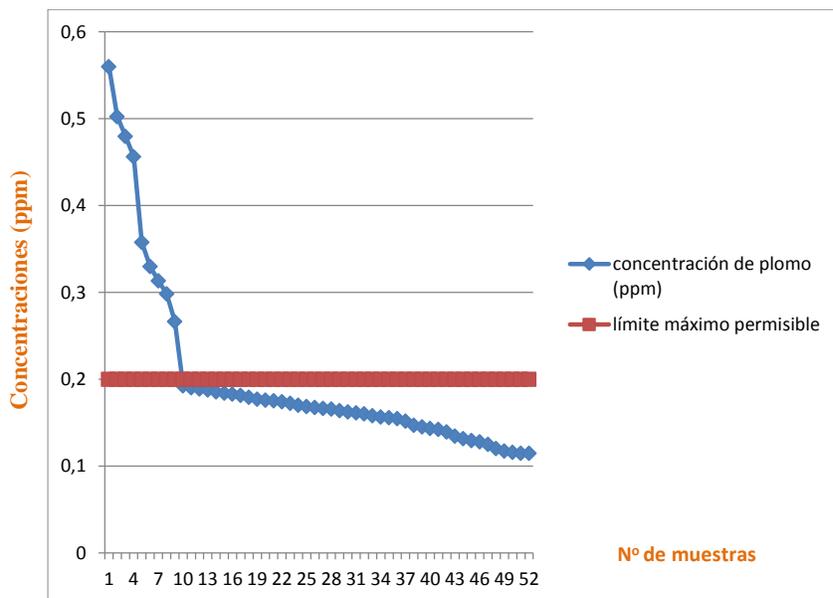
FECHA DE MUESTREO	MUESTRA #	CONCENTRACION (ppm)	LMP (ppm)
03/02/2015	1	0,56	0,2
04/02/2015	2	0,5025	0,2
05/02/2015	3	0,4798	0,2
06/02/2015	4	0,4563	0,2
09/02/2015	5	0,3578	0,2
10/02/2015	6	0,33	0,2
11/02/2015	7	0,3135	0,2
12/02/2015	8	0,2985	0,2
13/02/2015	9	0,2667	0,2
18/02/2015	10	0,1925	0,2
19/02/2015	11	0,1904	0,2
20/02/2015	12	0,1889	0,2
23/02/2015	13	0,1878	0,2
24/02/2015	14	0,1857	0,2
25/02/2015	15	0,1842	0,2
26/02/2015	16	0,1831	0,2
27/02/2015	17	0,1816	0,2
02/03/2015	18	0,1794	0,2
03/03/2015	19	0,1773	0,2
04/03/2015	20	0,1761	0,2
05/03/2015	21	0,1752	0,2
06/03/2015	22	0,1741	0,2
09/03/2015	23	0,1722	0,2
10/03/2015	24	0,1701	0,2
11/03/2015	25	0,1686	0,2
12/03/2015	26	0,1677	0,2
13/03/2015	27	0,1666	0,2
16/03/2015	28	0,1658	0,2
17/03/2015	29	0,1639	0,2
18/03/2015	30	0,1625	0,2
19/03/2015	31	0,1614	0,2
20/03/2015	32	0,1603	0,2
23/03/2015	33	0,1582	0,2
24/03/2015	34	0,1567	0,2
25/03/2015	35	0,1558	0,2
26/03/2015	36	0,1549	0,2
27/03/2015	37	0,1519	0,2

FECHA DE MUESTREO	MUESTRA #	CONCENTRACION (ppm)	LMP (ppm)
30/03/2015	38	0,1472	0,2
31/03/2015	39	0,1451	0,2
01/04/2015	40	0,1436	0,2
02/04/2015	41	0,1425	0,2
03/04/2015	42	0,1395	0,2
06/04/2015	43	0,1348	0,2
07/04/2015	44	0,1318	0,2
08/04/2015	45	0,1297	0,2
09/04/2015	46	0,1282	0,2
10/04/2015	47	0,1252	0,2
13/04/2015	48	0,1205	0,2
14/04/2015	49	0,1175	0,2
15/04/2015	50	0,116	0,2
16/04/2015	51	0,1149	0,2
17/04/2015	52	0,1149	0,2

La tabla muestra los resultados de las lecturas del análisis del agua de la piscina de relaves de la planta de beneficio de la Empresa minera ORENAS S.A contenida en el Humedal Artificial colocado en el Laboratorio de Investigaciones de la Universidad Técnica de Machala, luego del proceso de rizofiltración utilizando *Coriandrum Sativum* (culantro); el análisis se lo realizó en el espectrofotómetro de absorción atómica, en la tabla tenemos la fecha de muestreo, número de muestras, la concentración de plomo expresado en ppm.

Las celdas de color amarillo muestran los días de cambio de plantas y podemos observar que en la muestra # 10 tomada el 18/02/2015 la concentración de plomo está bajo del límite permisible, establecido en la norma TULSMA tabla # 12 para recurso agua, en descarga de efluentes a un cuerpo de agua dulce.

Figura N° 2 CURVA DE RESULTADOS



Podemos apreciar que la absorción de plomo del agua de la piscina de relaves por medio de las raíces del *Coriandrum sativum* (culantro) en los primeros días dieron resultados excelentes, después del día 19, muestra #11 el proceso comienza a saturarse y poco a poco comienza a haber menos absorción de plomo.

5. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Los resultados que se obtuvieron en este trabajo de titulación indican que, el sistema empleado para la rizofiltración de plomo es eficiente ya que logra disminuir en 15 días la concentración de plomo contenido en 30 litros agua provenientes de la piscina de relaves del proceso de cianuración que fue colocada junto con las plantas en un humedal artificial de medidas 50cm de ancho por 60 cm de largo y 25 cm de alto, dándonos valores finales que están debajo de los límites máximos permisibles dentro de la norma TULSMA para recurso agua, en descarga de efluentes a un cuerpo de agua dulce.

No se ha utilizado coriandrum sativum anteriormente para descontaminar aguas de minas pero puedo afirmar a que la planta realiza un trabajo de absorción excelente, a pesar de ser una planta que no alcanza más de los 70 cm de altura pero poseen una raíz larga que es suficiente para realizar el trabajo de absorción.

En el año 2012 la revista científica REBIOL de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de Trujillo – Perú; publicó un artículo sobre el estudio de la capacidad remediadora del girasol sometido a varias concentraciones de plomo y demostraron que el girasol es tolerante y puede permanecer en concentraciones altas de plomo por mucho tiempo. Este autor afirma que la toxicidad que causa el plomo hacia una especie de planta varía en función de su genotipo así como de las condiciones experimentales a las que éstas son sometidas.

Cabe señalar que la planta de Coriandrum sativum en un medio donde no esté expuesta a la fuerte radiación solar puede tener un tiempo de vida de 8 días en el agua de la piscina de relaves, pero de caso contrario su tiempo de existencia en el agua contaminada es de 4 días.

6. CONCLUSIONES

La eficiencia del sistema es de un 80%, a pesar de que los resultados cumplen con los parámetros de la norma TULSMA, no llega a depurar el plomo en un 100%.

Para lograr que la cantidad de plomo contenido en el agua de las piscinas de relaves después del proceso de cianuración esté dentro de los límites máximos permisibles por la norma ambiental vigente solo se necesitan de 28 plantas de Coriandrum sativum colocadas en un humedal artificial de medidas 50cm de ancho por 60 cm de largo y 25 cm de alto conteniendo 30 litro de agua.

Las raíces del culantro se deben colocar a una distancia de 5cm del suelo.

El método de fitorremediación utilizado es confiable ya que solo se necesita colocar la planta en el agua a descontaminar y por ende solo se analiza el agua; en cambio otros métodos tienen técnicas diferentes.

7. RECOMENDACIONES.

Se recomienda que antes de realizar el proceso de rizofiltración se proceda a analizar el agua para poder conocer la cantidad de plomo que contiene.

Para la toma de muestras se debe tomar en cuenta las técnicas de muestreo necesarias para lograr resultados confiables.

Es necesario concentrar y medir el Ph de las muestras que se requieran leer en el espectrofotómetro ya que de no ser así, el equipo no leerá las concentraciones.

Es muy importante el mantenimiento en cualquier sistema de tratamiento, ya que si no se lo realiza periódicamente podría generar problemas ambientales.

El coriandrum sativum tolera un ph entre 5 y 7.5.

8. BIBLIOGRAFÍA.

- Alonso J. (2004). Tratado de fitofármacos y nutaceuticos. Primera Edición. Editorial Corpus.
- Andrade M. (2013). Validación del Método de análisis para plomo en el espectrofotómetro de absorción atómica modelo Shimadzu 6300 AA del laboratorio de investigaciones de la Facultad de Ciencias Químicas y de la Salud de la Universidad Técnica De Machala. Machala.
- Bautista J. (2013). Solo para Ingenieros.
- Calderón V, M. M. (2008). Contaminación e Intoxicación por Plomo. Primera Edición. Editorial Trillas.
- Conrado C. (2008). Analisis proximal de semillas no comunes, Palma Chilena (*Jubaea Chilensis*) cilantro (*Coriandrum Sativum*) mora (*Rubus Glaucus*) rosa mosqueta (*rosa Rubiginosea*) y caracterización de su aceite. Universidad de Chile.
- Frers C. (s.f.). Consultor Ambiental. e-mail: cristianfrers@hotmail.com.
- Gonzalez S. (2010). Análisis de Compuestos Volátiles en Cilantro (*Coriandrum Sativum* L). Acta Universitaria.
- Guevara A, D. I. (2009). Suplemento de la revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales.
- León Cueva, R. (2013). Elaboración de un Extracto Hidroalcohólico de Culantro (*Coriandrum Sativum*) con acción Quelante contra el Plomo. Machala.
- MAGP. (2011). (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación y Aduana e INDEC) . Argentina.
- Mendiola M, M. J. (2009). Plantas Aromáticas y Gastronómicas. Ediciones Mundi-Prensa.
- Morales J. (1995). Cultivo de cilantro, Cilantro ancho y Perejil. Santo Domingo - República Dominicana: Fundación de Desarrollo Agropecuario Boletín Técnico N 25.

- Morejón G, (2014). Ambiente Ecuador "Un espacio para tratar temas ambientales fuera de la pasión irracional y con criterios objetivos e imparciales".Cuenca - Ecuador.
- Orozco B, P. C. (2003). Contaminación Ambiental " Una Visión desde la Química". COPYRIGHT.

ANEXOS

ANEXO 1 Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente (TULSMA):

Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua. Libro VI.

TABLA 12. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y Grasas.	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aldehídos		mg/l	2,0
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	2,0
Boro total	B	mg/l	2,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN ⁻	mg/l	0,1
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo ECC	mg/l	0,1
Cloruros	Cl ⁻	mg/l	1 000
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	Nmp/100 ml		⁸ Remoción > al 99,9 %
Color real	Color real	unidades de color	* Inapreciable en dilución: 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,2
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O ₅ .	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/l	250
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1,0
Estaño	Sn	mg/l	5,0
Fluoruros	F	mg/l	5,0
Fósforo Total	P	mg/l	10
Hierro total	Fe	mg/l	10,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20,0
Manganeso total	Mn	mg/l	2,0
Materia flotante	Visibles		Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/l	0,005
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitratos + Nitritos	Expresado como Nitrógeno (N)	mg/l	10,0

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	15
Organoclorados totales	Concentración de organoclorados totales	mg/l	0,05
Organofosforados totales	Concentración de organofosforados totales.	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,1
Plomo	Pb	mg/l	0,2
Potencial de hidrógeno	pH		5-9
Selenio	Se	mg/l	0,1
Sólidos Sedimentables		ml/l	1,0
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	100
Sólidos totales		mg/l	1 600
Sulfatos	SO ₄ ⁼	mg/l	1000
Sulfitos	SO ₃	mg/l	2,0
Sulfuros	S	mg/l	0,5
Temperatura	°C		< 35
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1,0
Vanadio		mg/l	5,0
Zinc	Zn	mg/l	5,0

* La apreciación del color se estima sobre 10 cm de muestra diluida.

ANEXO 2 Imagen del humedal artificial con las plantas de culantro en donde se puede observar que las raíces se encuentran a una distancia de 5cm del suelo.



ANEXO 3 Podemos observar las plantas al tercer día del proceso de rizofiltración.



ANEXO 4 Se puede observar las plantas al cuarto día del proceso de rizofiltración.



ANEXO 5 En la foto se puede apreciar el momento de la concentración de la muestra después del proceso de rizofiltración.



ANEXO 6 Recipientes con las muestras listas para concentrar y muestras concentradas listas para analizar.



ANEXO 7 Calibrando el espectrofotómetro para analizar las muestras.





ANEXO 8 Realizando los análisis de las muestras mediante el método espectrofotométrico en el Laboratorio de Investigaciones de la Unidad Académica de Ciencias Químicas y de la Salud..

