



Universidad Científica del Perú – UCP

Registrado en el Asiento N° A00010 de la Partida N° 11000318, Personas jurídicas de Iquitos,
superintendencia de los registros públicos – SUNARP

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TESIS:

**“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE TUBERÍAS CON FILTROS
DE *Coriandrum sativum* (CILANTRO) PARA ADSORBER
MERCURIO EN AGUAS RESIDUALES – MINERAS
ARTESANALES, DEL DISTRITO DE MANSERICHE”**

PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL

AUTOR: BENJAMIN PINEDO SHAHUANO.

ASESOR: Blgo. CARLOS ROBERTO DAVILA FLORES. Mgr

San Juan Bautista – Maynas – Loreto – 2019

DEDICATORIA

- A **Dios** por brindarme la sabiduría, conocimientos, inteligencia, mucha salud, cuidado y la existencia en este mundo para realizar mis investigaciones en este proyecto. También por brindarme una hermosa familia a quien amar y la capacidad que me otorgó para ser alguien útil en esta sociedad.

- A mis padres **Lucio Pinedo Ocumbe** y **Rosa Angelica Shahuano de Pinedo** por brindarme lo necesario para enfrentar a esta vida llena de dificultades y adversidades, inculcándome las buenas practicas por medio de las enseñanzas de nuestro Creador **Dios** todo poderoso y el Señor **Jesuscristo** Nuestro Salvador, que gracias a Dios logré mi meta y así poder salir adelante en otros retos que me de la vida mientras existo.

- A mi mujer **Ines Bardales de la cruz** y mi Hijo **Edrick Benjamin Pinedo Bardales** por ser los motivos a llevar a cabo esta investigación y terminar mi propósito inicial, que es ser un buen profesional y dar lo mejor para mi familia, siendo estas personas tan importantes como mis padres, siendo todos ellos el motor y motivo de superarme y darles una vida digna para sentirme feliz y contento por todo lo logrado.

- A mi Hermano **Roger Pinedo Shahuano**, quien es alguien especial por cuidarme en mi mientras nuestros padres no se encontraban en casa, por brindarme conocimientos y más que todo el cuidado que me daba.

AGRADECIMIENTOS

- Al estado por medio del **Programa Nacional de Becas y Créditos (PRONABEC)**, por brindarme la gran oportunidad de estudiar gratuitamente y pagar mis gastos universitarios para mi desarrollo académico sin ningún problema o necesidad.
- A la **Universidad Científica del Perú (UCP)** por abrir las puertas a los becarios de PRONABEC y darme la oportunidad de realizar mi preparación académica y profesional, con los conocimientos que nos brindó la universidad por medios de sus docentes capacitados en los cursos.
- Al Biólogo **Carlos Roberto Davila Flores**, por las ganas que tuvo en ser mi asesor, apoyarme, dirigirme y guiarme a realizar y ejecutar mi proyecto de investigación, por la confianza que puso en mí para poder acabar mi tesis, porque sin su ayuda no hubiera podido terminar mi tesis. También por dedicar y sacrificar sus tiempos para ser mi guía y mentor en la elaboración de mi tesis, siendo de esta manera una gran persona para mí a quien admiro y respeto mucho.
- A la Doctora **Laura Rosa García Panduro**, por brindarme su apoyo y profesionalismo en el análisis de mis muestras de mercurio en agua, por la gran capacidad y demostración profesional para la obtención de los resultados correctamente.
- Al **laboratorio de investigación tecnológica de la UCP**, por apoyarme en determinar el peso de *Coriandrum sativum* para la respectiva utilización y manejo adecuado en este trabajo.

ACTA DE SUSTENTACION



UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP
"Año de la lucha contra la corrupción e impunidad"

FACULTAD
CIENCIAS E
INGENIERÍA

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA AMBIENTAL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Con Resolución Decanal N°041-2017-UCP-FCEI, la FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP designa como Jurado Evaluador y Dictaminador de la Sustentación de Tesis a los Señores:

- | | |
|---|------------|
| • Blgo. Álvaro Benjamin Tresierra Ayala, Dr. | Presidente |
| • Ing. Carmen Patricia Cerdeña del Águila, Dra. | Miembro |
| • Blgo. Jhonatan Rodríguez Utia | Miembro |

En la ciudad de Iquitos, siendo las 11:00 horas del día jueves 18 de julio de 2019, en las instalaciones de la UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP, se constituyó el Jurado para escuchar la sustentación y defensa de la Tesis: **"EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE TUBERÍAS CON FILTROS DE *CORIANDRUM SATIVUM* (CILANTRO) PARA ADSORBER MERCURIO EN AGUAS RESIDUALES – MINERAS ARTESANALES, DEL DISTRITO DE MANSERICHE"**

Presentada por el sustentante:

BENJAMIN PINEDO SHAHUANO

Asesor (es): **Blgo. Carlos Roberto Dávila Flores**

Como requisito para optar al título profesional de: **Ingeniero Ambiental**

Luego de escuchar la Sustentación y formuladas las preguntas las que fueron:.....

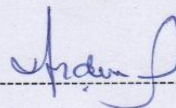
El jurado después de la deliberación en privado llegó a la siguiente conclusión:

La Sustentación es: Aprobado por Unanimidad

En fe de lo cual los miembros del jurado firman el acta.



Presidente



Miembro



Miembro

CALIFICACIÓN:	Aprobado (a) Excelencia	: 19 – 20
	Aprobado (a) Unanimidad	: 16 - 18
	Aprobado (a) Mayoría	: 13 – 15
	Desaprobado (a)	: 00 – 12

Av. Abelardo Quiñones Km. 2.5. San Juan Bautista

Teléf. (065) 261092 - 261088

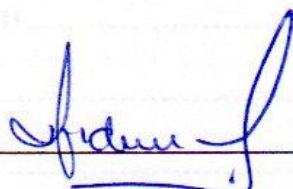
APROBACIÓN

Tesis sustentada en acto público el día "18" de Julio a las 11 horas del 2019



Mblgo. Alvaro Benjamin Tresierra Ayala, Dr

PRESIDENTE DEL JURADO



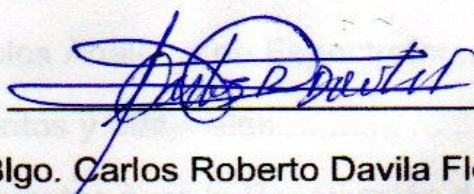
Ing. Carmen Patricia Cerdeña del Aguila, Dra

MIEMBRO DEL JURADO



Blgo. Jonathan Alexander Rodriguez Utia

MIEMBRO DEL JURADO



Blgo. Carlos Roberto Davila Flores, Mgr

ASESOR

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
CAPITULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO II	3
MATERIALES Y METODOS	3
2.1. Tipo y Diseño de investigación.	3
2.1.1. Tipo de Investigación.....	3
2.1.2. Diseño de la Investigación.....	3
2.2. Población y Muestra.....	3
2.2.1. Población.....	3
2.2.2. Muestra.	3
2.2.2.1. Muestra de Campo	3
2.2.2.1. Muestra para los sistemas de tuberías con filtros de <i>Coriandrum sativum</i>	3
2.2.2.2. Muestra para Laboratorio Químico	4
2.3. Técnicas, Instrumentos y Procedimientos de Recolección de Datos	4
2.3.1. Técnicas de Recolección de Datos	4
2.3.1.1. Muestreo Aleatorio Simple en campo	4
2.3.1.2. Técnica Analítica Cualitativa	4
2.3.1.3. Técnica Analítica de Espectrofotometría de absorción Visible.	4
2.3.2. Instrumentos y Materiales	5
2.3.4. Procedimientos para la Recolección de Datos	5
2.3.4.1. Fases de Campo.....	5
2.3.4.2. Instalaciones de los sistemas de tuberías con filtros de <i>Coriandrum swativum</i> y filtración de las muestras	6

2.3.4.3. Fase de Laboratorio Químico.....	7
2.4. Procesamiento de los Datos	7
CAPÍTULO III	8
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	8
3.1. Resultados	8
3.2. Discusión	12
CAPÍTULO IV	14
CONCLUSION Y RECOMENDACIONES.....	14
4.1. Conclusión.	14
4.2. Recomendaciones	14
CAPÍTULO V	15
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	15
CAPÍTULO VI	17
ANEXOS	17

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Resultados de adsorción de la evaluación	8
Gráfico 2: Proyección de capacidad máxima de grado de adsorción.....	9

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1: identificación de lugares con actividad minera aurífera.....	17
Imagen 2: Primer punto de recolección de muestra General	17
Imagen 3: Segundo Punto de recolección de muestra General (Derecha)	18
Imagen 4: Muestras Generales	18
Imagen 5: Análisis químico de muestra General	19
Imagen 6: Proceso de utilización del cilantro en la evaluación	19
Imagen 7: Introducción del agua residual a los sistemas de tuberías	20
Imagen 8: Salida del agua residual	20
Imagen 9: Muestras específicas post filtración en envases de 250 ml.....	21
Imagen 10: Análisis químico de las muestras específicas de 250 ml.....	21
Imagen 11: Mapa y Ubicación del Distrito de Manseriche en Loreto	22

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo Evaluar la eficiencia de la aplicación de tuberías con filtros de *Coriandrum sativum*, para la adsorción del mercurio presente en los pozos con agua residuales – mineras artesanales, del distrito de Manseriche. Muestras de agua residuales mineras con mercurio, vertidas en pozos, se colectaron de forma aleatoria simple de diferentes puntos de pozos de acumulación, en envases de polietileno de 500 ml, las cuales fueron transportadas al laboratorio a fin de realizar el análisis respectivo para determinar el mercurio inicial, y post filtración se determinó el grado de eficiencia de adsorción y la concentración apropiada de filtros de *Coriandrum sativum*, empleando la estadística inferencial, mediante un análisis univariado y bivariado. Los datos para la estadística se obtuvieron del promedio de adsorción de las tuberías con filtros de 15 gr de *Coriandrum sativum*, que se usaron para la proyección máxima de adsorción para las tuberías con 30 gr y 60 gr de filtros de *Coriandrum sativum*. También se determinó que 154.64 gr de *Coriandrum sativum* adsorbe 13,33 ppm de mercurio en un litro de aguas residuales mineras artesanales, del distrito de Manseriche. Por lo tanto, esta investigación presente obtuvo resultados positivos en relación con la descontaminación del mercurio de las aguas residuales mineras, a través de la aplicación de tuberías con filtros de *Coriandrum sativum*, para mejorar la calidad del medio ambiente y la salud pública.

Palabras claves: *Coriandrum sativum*, adsorción, Eficiente, tuberías, mercurio, filtros.

ABSTRACT

The present investigation had as objective Evaluate the efficiency of the application of pipes with *Coriandrum sativum* filters, for the adsorption of mercury present in the wells with residual water - artisanal mining, of the Manseriche district. Mining residual water samples with mercury, poured into wells, were collected in a simple random way from different points of accumulation wells, in 500 ml polyethylene containers, which were transported to the laboratory in order to perform the respective analysis to determine the initial mercury, and post filtration, the degree of adsorption efficiency and the appropriate concentration of *Coriandrum sativum* filters were determined, using inferential statistics, through a univariate and bivariate analysis. The data for the statistics were obtained from the average of adsorption of the pipes with filters of 15 gr of *Coriandrum sativum*, which were used for the maximum adsorption projection for the pipes with 30 gr and 60 gr of *Coriandrum sativum* filters. It was also determined that 154.64 gr of *Coriandrum sativum* adsorbs 13.33 ppm of mercury in one liter of artisanal mining wastewater, of the district of Manseriche. Therefore, this present investigation obtained positive results in relation to the decontamination of mercury from mining wastewater, through the application of pipes with *Coriandrum sativum* filters, to improve the quality of the environment and public health.

Key words: *Coriandrum sativum*, adsorption, efficiency, pipes, mercury, filters.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

El uso del mercurio en la actividad minera a nivel mundial se debe porque es un elemento metálico líquido que fácilmente se alea con otros metales como la plata y el oro. Debido a esta propiedad de aleación, el mercurio es usado en la actividad minera, muchas veces sin ningún manejo de prevención adecuado **(1)**, sin tener en cuenta la toxicidad del metal y el daño que causa su emisión en grandes cantidades incontrolables **(2)**. Así como el caso de actividades minera aurífera y el uso indiscriminado de mercurio, tenemos al distrito de Manseriche como una de las muchas zonas en la Amazonía Peruana que se está contaminando con mercurio a las aguas superficiales como a ríos, quebradas y lagunas **(3)**, trayendo diversos problemas ambientales y sociales; como consecuencia, siendo las más peligrosa la transformación de mercurio inorgánico a moléculas orgánica altamente toxica llamada Metilmercurio **(4)**, que presenta un grave peligro, ya que es rápidamente absorbido por algas y plancton, estos a su vez por organismos superiores, de esta manera se biomagnifica filtrándose en la cadena trófica, afectando al hombre y a los organismos de los ecosistemas, siendo de esta manera un elemento altamente peligroso en el ambiente **(5)**.

Consiguientemente los daños ocasionados por mercurio sobre los cuerpos de agua, en la mayoría de los casos son irreversibles, dando a entender la necesidad de emplear un tratamiento de aguas contaminadas por mercurio para su propia erradicación **(6)**.

Por tanto, el proyecto se ejecutó como una alternativa de prevención, porque no existe una Planta de Tratamiento de aguas residuales de Mercurio, los impactos ambientales ocasionados no son mitigables, la exposición en el agua de este metal pesado genera bioacumulación en los seres vivos, perdurando en el tiempo ya que no son química ni biológicamente degradables y que una vez emitidos pueden permanecer en el ambiente durante cientos de años **(7)**. Incluso más perjudicial es en la Amazonia Peruana, porque presenta una de las biodiversidades más grandes del mundo, albergando innumerables especies de flora y fauna dentro de sus

ecosistemas **(8)**, haciendo que el daño provocado por esta actividad minera sea aún más grave.

Y por último, en la ejecución del proyecto se obtuvieron resultados positivos, como la determinación del grado de eficiencia de adsorción del mercurio que presentaban los filtros de *Coriandrum sativum*, así también como la determinación de la concentración apropiada de los filtros de *Coriandrum sativum* para la adsorción eficiente de mercurio; y como último punto se evaluó los impactos ambientales de la aplicación de tuberías con los filtros de *Coriandrum sativum*.

CAPITULO II

MATERIALES Y METODOS

2.1. Tipo y Diseño de investigación

2.1.1. Tipo de Investigación

Cuasi experimental **(9)**, porque en el estudio de investigación se limitó a observar y a obtener los resultados de las muestras de aguas residuales – mineras, en un antes y después de las tuberías con filtros, sin intervenir o manipular las variables.

2.1.2. Diseño de la Investigación

Transeccional – Correlacional, porque se analizó el comportamiento de las variables en momentos de tiempo para un determinado grupo social.

2.2. Población y Muestra

2.2.1. Población

Son las aguas residuales mineras vertidas con mercurio en pozos de acumulación en diferentes puntos, dentro de la jurisdicción del distrito de Manseriche Provincia del Datén del Marañón, Departamento de Loreto, Perú (Ver imagen 9).

2.2.2. Muestra

2.2.2.1. Muestra de Campo

Para la muestra General en las 3 evaluaciones:

- Se recolectó 500 ml de agua residual con mercurio en el distrito de Manseriche.

2.2.2.1. Muestra para los sistemas de tuberías con filtros de *Coriandrum sativum*

Se realizaron después de conocer la concentración de mercurio inicial de las muestras generales de campo. En las 3 evaluaciones se usaron la misma cantidad de muestra:

- 100 ml de agua residual con mercurio para cada tubería con filtro de 15 gr, 30 gr y 60 gr

2.2.2.2. Muestra para Laboratorio Químico

Para laboratorio las muestras fueron iguales en cantidad:

a) En el análisis general o inicial de mercurio se usó:

- 100 ml de agua residual con mercurio de la muestra general de 500 ml, para la obtención de la concentración de Hg inicial

b) En los análisis de las muestras después de la adsorción de las tuberías con filtro de *Coriandrum sativum*:

- 100 ml de agua residual filtrada por 15 gr
- 100 ml de agua residual filtrada por 30 gr
- 100 ml de agua residual filtrada por 60 gr

2.3. Técnicas, Instrumentos y Procedimientos de Recolección de Datos

2.3.1. Técnicas de Recolección de Datos

2.3.1.1. Muestreo Aleatorio Simple en campo

El muestreo es el proceso de seleccionar un conjunto de individuos de una población con el fin de estudiarlos y poder caracterizar el total de la población. El muestreo aleatorio simple (M.A.S.) es la técnica de muestreo en la que todos los elementos que forman el universo y que, por lo tanto, están descritos en el marco muestral, tienen idéntica probabilidad de ser seleccionados para la muestra **(10)**.

2.3.1.2. Técnica Analítica Cualitativa

Para la determinación de presencia de mercurio, se usó la norma técnica analítica de E. Merck, Darmstadt (R. F. de Alemania), usando la solución de Difenilcarbazida al 1% en alcohol de 90 – 100°, dando una coloración azul con presencia de mercurio **(11)**.

2.3.1.3. Técnica Analítica de Espectrofotometría de absorción Visible

Esta técnica requiere medir la coloración que emiten la presencia de metales, donde se usa el método colorímetro con ditizona, para luego medir en el espectrofotómetro la intensidad de color. Esta técnica analítica permitió la cuantificación de mercurio inicial y final. Siendo una técnica analítica muy importante para encontrar elementos de interés para la industria, la agricultura, la minería, la defensa del medio ambiente y la investigación científica en general **(12)**.

2.3.2. Instrumentos y Materiales

Los instrumentos que se utilizaron para la recolección de datos son los siguientes:

- a) **Tubos de PVC:** Se usó tubos de PVC de 1 cm de diámetro, para formar el cuerpo y salida del sistema de la tubería. Ver imagen 9
- b) *Coriandrum sativum*: Se usó esta planta en condiciones frescas. Ver imagen 6
- c) **Frascos de polietileno:** Se utilizó frascos para las distintas cantidades de muestras con capacidades de 500 ml (muestra general) y 250 ml (muestras específicas). Ver imagen 4 y 7
- d) **Botellas recicladas:** Se usó botellas plásticas como embudo para el ingreso de las aguas residuales al sistema de tubería. Ver imagen 7
- e) **Jeringas de 20 ml:** Se usó como para unir la terminación del embudo de botella con el inicio de la tubería para el transcurso de las aguas residuales, formando parte del sistema. Ver imagen 7
- f) **Equipo venoclisis:** se usó este material para controlar el fluido de las muestras en el sistema. Ver imagen 7
- g) **Madera:** se usó madera como cuerpo sostén de los materiales que forman el sistema. Ver imagen 7
- h) **Clavos:** para usar en la creación de sostén de madera.
- i) **Pegamento para tubo PVC:** Se usó para unir la tubería cuerpo y la salida.

2.3.4. Procedimientos para la Recolección de Datos

2.3.4.1. Fases de Campo

Identificación de puntos de contaminación por actividad minera en el distrito de Manseriche

Se identificó los lugares de actividad minera aurífera, encontrando puntos de contaminación realizados por mineros ilegales en actividad, encontrando puntos con evidente contaminación en la jurisdicción del distrito de Manseriche (población afectada por la contaminación de Mercurio)

Luego se realizó los reconocimientos de los puntos, donde se identificó a las aguas residuales con mercurio que generaban los mineros artesanales e ilegales

Recolección para la primera evaluación

El lugar se encontraba a 2 horas en peque-peque desde la comunidad de Saramiriza, donde se encontró dos puntos con una distancia no menos de 100 metros entre ellas, y que luego se recolectó una muestra de 250 ml de cada punto, que después se las junto en un solo recipiente con capacidad de 500 ml, con la finalidad de estandarizar la muestra general y tener un promedio real de mercurio en dichas aguas residuales como descarga.

Recolección para la segunda evaluación

El lugar se encontraba a una distancia de 22 km o 45 min en peque-peque desde la comunidad de Saramiriza, donde se encontró un punto en común como depósitos de actividades mineras, que luego se recolectó 500 ml de agua como muestra real de descarga de aguas residuales con mercurio.

Para la tercera evaluación

La muestra de 500 ml de mercurio se realizó y se obtuvo en el laboratorio de Química de la Unap

2.3.4.2. Instalaciones de los sistemas de tuberías con filtros de *Coriandrum sativum* y filtración de las muestras

Se empezó posterior a los primeros análisis Químicos cualitativos y cuantitativos de las muestras generales de 500 ml, para luego realizar las instalaciones de los sistemas de tuberías con los filtros de *Coriandrum sativum* y comenzar la evaluación de la adsorción. En esta etapa del procedimiento se pesó al *Coriandrum sativum* en estado fresco y usando toda la planta cortada menudamente para los filtros (ver imagen 6), teniendo como contacto ideal un tiempo de 45 minutos entre las muestras con concentración de mercurio y los filtros **(13)**.

En la primera Evaluación:

Se introdujo 100 ml de agua residual con mercurio inicial de 12 ppm con un tiempo de 45 min, a cada uno de los 3 sistemas de tuberías con filtros de 15 gr, 30 gr y 60 gr.

Segunda Evaluación:

Se introdujo 100 ml de agua residual con mercurio inicial de 13 ppm con un tiempo de 45 min, a cada uno de los 3 sistemas de tuberías con filtros de 15 gr, 30 gr y 60 gr.

Tercera Evaluación:

Se introdujo 100 ml de agua residual con mercurio inicial de 15 ppm con un tiempo de 45 min, a cada uno de los 3 sistemas de tuberías con filtros de 15 gr, 30 gr y 60 gr.

2.3.4.3. Fase de Laboratorio Químico**Técnica Analítica Cualitativa**

Antes del análisis cuantitativo, primero se determinó la presencia de mercurio usando una solución de Difenilcarbazida al 1% en alcohol de 96°, a todas las muestras.

Cuantificación de la presencia del mercurio

Se realizó el análisis de espectrometría de adsorción visible en el laboratorio químico de la Universidad Nacional de la Amazonía peruana (UNAP). Se realizaron los análisis de las muestras antes de pasar por los sistemas de tuberías con filtros de *Coriandrum sativum*.

2.4. Procesamiento de los Datos

Para el análisis de los datos se utilizó la Microsoft Excel, que es una aplicación utilizada en tareas para realizar fórmulas, gráficos y un lenguaje de programación.

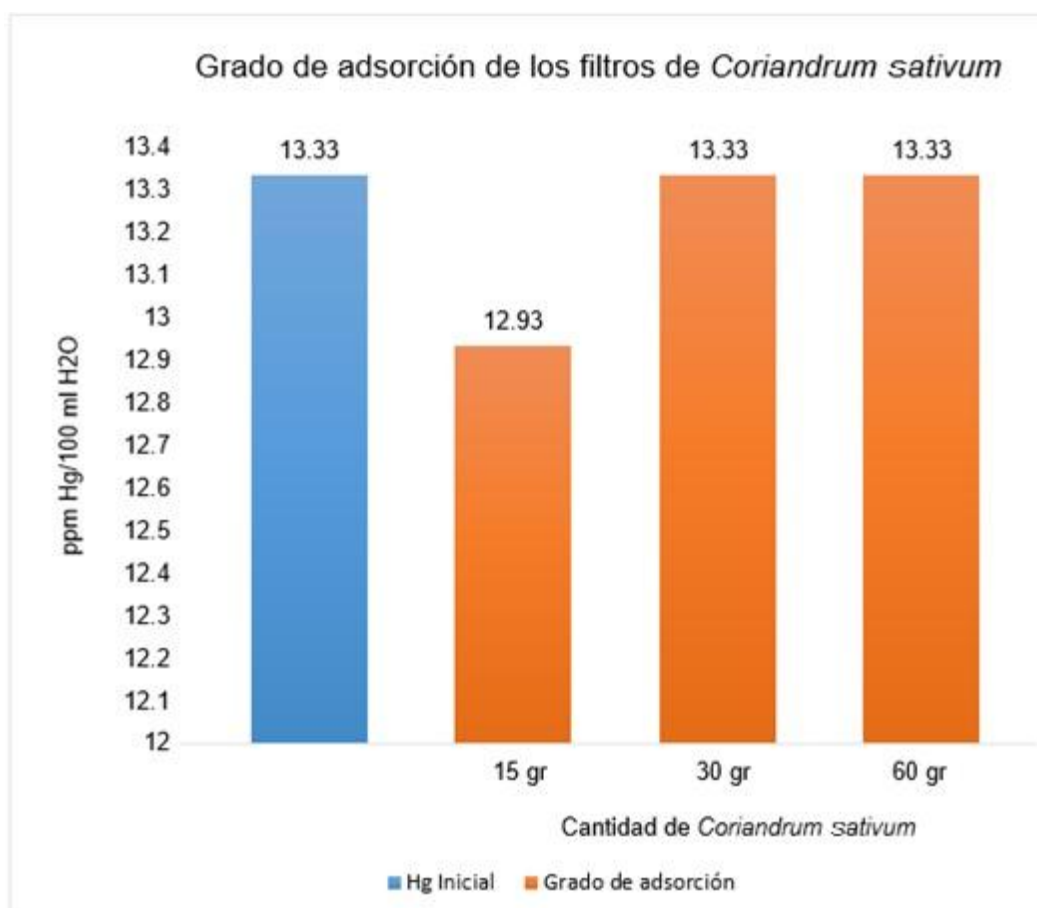
CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Resultados

- 3.1.1. Determinación del grado de eficiencia de adsorción del Mercurio que posee los filtros de *Coriandrum sativum* (cilantro) en las aguas residuales - mineras artesanales del distrito de Manseriche.

Gráfico 1: Resultados de adsorción de la evaluación



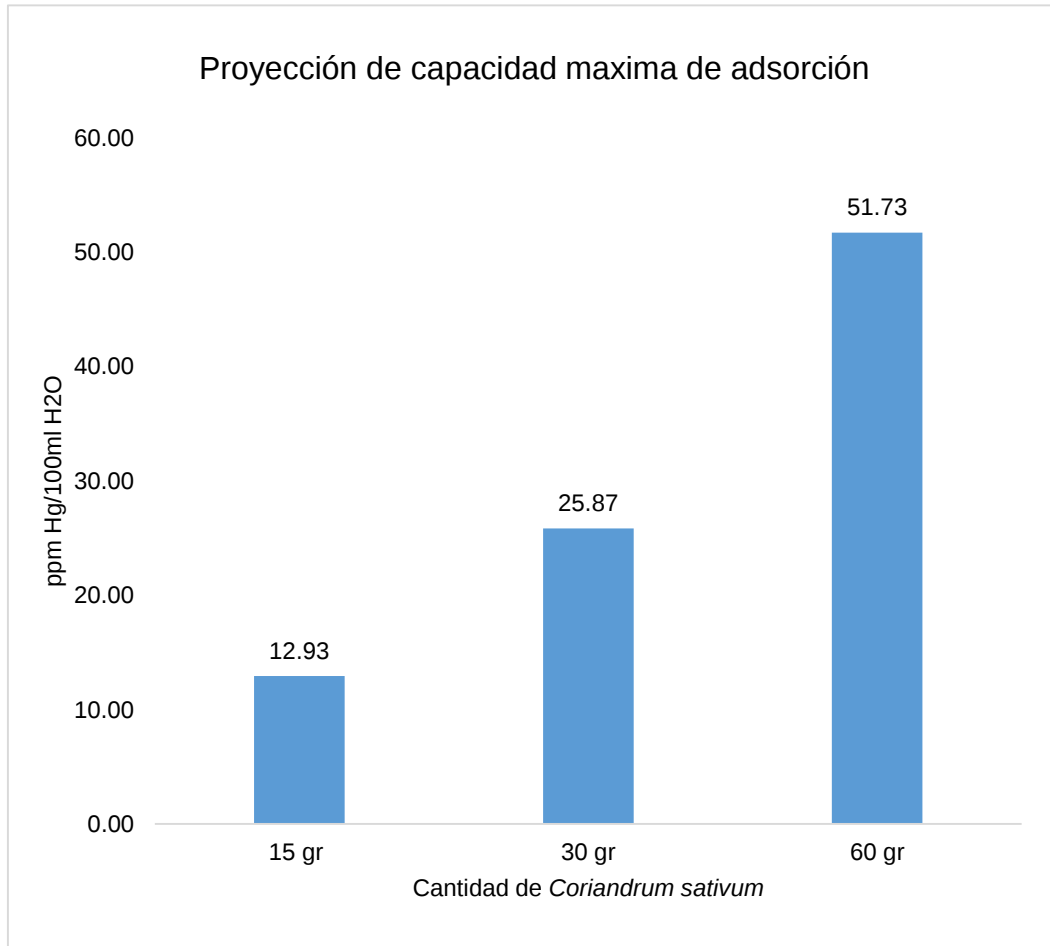
Fuente: Datos recopilados por el Tesista

Interpretación:

Los resultados de las tuberías con filtros de 30 gr y 60 gr de *Coriandrum sativum* tuvieron un grado de adsorción al 100% en las tres evaluaciones, mientras que en las tuberías con filtros de 15 gr de *Coriandrum sativum* tuvieron un grado de adsorción promedio de 12,93 ppm Hg/100 ml H₂O (97%). Dados los resultados, los filtros de 30 gr y 60 gr se limitan a estimar

una cantidad de adsorción en su máxima capacidad con los resultados primarios.

Gráfico 2: *Proyección de capacidad máxima de grado de adsorción*



Fuente: Datos recopilados por el Tesista

Interpretación

Se determinó los resultados del gráfico usando como dato real el resultado de grado de adsorción promedio de los sistemas de tuberías con filtros de 15 gr de *Coriandrum sativum*, que fue de 12,93 ppm de Hg/100 ml de agua, dando a entender matemáticamente que el grado de adsorción máxima de 30 gr de *Coriandrum sativum* es de 25,87 ppm de Hg en 100 ml de agua (el doble), y que de 60 gr de *Coriandrum sativum* se estima que tendría una máxima adsorción de 51,73 ppm de Hg/100 ml agua (el cuádruple). Por lo que se tiene resultados positivos en cuanto a la descontaminación de mercurio en pozos de aguas residuales mineras por esta aplicación de las tuberías con filtros de cilantro.

3.1.2. Determinación de la concentración apropiada de los filtros *Coriandrum sativum* (cilantro) en la adsorción eficiente de Mercurio de las aguas residuales – mineras artesanales

De acuerdo al muestreo aleatorio simple (M.A.S.) de las aguas residuales de pozos con mercurio en el distrito de Manseriche, como resultado promedio de las muestras generales se obtuvo 13,33 ppm Hg/100 ml agua residual. Entonces, para determinar la apropiada cantidad de *Coriandrum sativum* y obtener una adsorción eficiente al 100% de mercurio de dichas aguas residuales contaminadas donde se recolectó las muestras, se usó la regla de 3 simple.

Dato: Se proyectó el Ejercicio a 1Lt de agua residual con mercurio, por lo que la cantidad de *Coriandrum sativum* se multiplicara por 10 (debido a que se trabajó con 100 ml)

Datos para el ejercicio:

- ✓ Promedio de la presencia de mercurio en Agua Residual =13,33 ppm de Hg/Lt H₂O
- ✓ Cantidad de Agua: 1Lt
- ✓ Cantidad de *Coriandrum sativum*: 15 gr X 10= 150 gr
- ✓ 150 gr de *Coriandrum sativum* Adsorbe 12,93 ppm de Hg/Lt H₂O
- ✓ X= Cantidad ideal de cilantro para una determinada cantidad de Hg

$$\begin{aligned}\text{Entonces: } \frac{150 \text{ gr}}{12,93 \text{ ppm} \frac{\text{Hg}}{\text{Lt H}_2\text{O}}} &= \frac{x}{13,33 \text{ ppm} \frac{\text{Hg}}{\text{Lt H}_2\text{O}}} \\ x &= \frac{150 \text{ gr} \cdot 13,33 \text{ ppm} \frac{\text{Hg}}{\text{Lt H}_2\text{O}}}{12,93 \text{ ppm} \frac{\text{Hg}}{\text{Lt H}_2\text{O}}} \\ x &= \frac{150 \text{ gr} \cdot 13,33}{12,93} \\ x &= 154,64 \text{ gr}\end{aligned}$$

Interpretación:

Como resultado, la cantidad apropiada de *Coriandrum sativum* como filtro para la eliminación al 100% de mercurio promedio de las muestras,

sería de 154,64 gr para un litro de aguas residuales del distrito de Manseriche. Pero los resultados y la aplicación de esta fórmula no solo se determinaron la cantidad de *Coriandrum sativum* para las aguas contaminadas de las muestras que se trajeron del distrito de manseriche, sino para cualquier agua con concentraciones de mercurio del mismo u otro lugar con distintas o iguales concentraciones de mercurio

- 3.1.3. Evaluación de los impactos Ambientales en la aplicación de los filtros de *Coriandrum sativum* (cilantro) en la adsorción de Mercurio de las aguas residuales – mineras artesanales, en el distrito de Manseriche.

Impactos Positivos en su aplicación	Impactos Negativos en su aplicación
Evita la emisión del mercurio al agua, erradicando la contaminación al agua natural de manera eficiente	Residuos de <i>Coriandrum sativum</i> con carga de mercurio
Se empezará a reducir la biomagnificación del mercurio en la cadena trófica	Costo para el tratamiento de <i>Coriandrum sativum</i> con carga de mercurio
Se reducirá el peligro a la salud pública y minimiza el riesgo al consumo de agua con grandes de concentraciones de Hg	Se necesita tiempo y dinero para obtener el <i>Coriandrum sativum</i>
Los materiales son menos costosas en comparación con las depuradoras tradicionales.	La filtración da una coloración al agua por el <i>Coriandrum sativum</i>
Los materiales de polietileno se renuevan en mucho tiempo.	
Esta aplicación ayudara a restablecer los ecosistemas afectados	

3.2. Discusión

En una investigación por el Centro Nacional de Caracterización Composicional de Materiales (CCCM), el Centro de Investigación Atómica Bhabha y el Departamento de Energía Atómica en la India, realizaron un experimento para la eliminación de Mercurio en soluciones acuosas subterráneas, utilizando sorbentes preparado a partir de la planta *Coriandrum sativum* inmovilizado con sílice. Los resultados de adsorción por parte del *Coriandrum sativum* demostraron que el sorbente de 250 mg es capaz de eliminar casi 0,5 ppm Hg/20 ml, cantidad considerable de mercurio, determinándose que el grado de eliminación era superior al 95%, debido al papel principal de los grupos de ácido carboxílico en la unión del Mercurio **(13)**. Teniendo en cuenta esta investigación y la comparación con el presente proyecto de tuberías con filtros de *Coriandrum sativum*, es que esta investigación determinó la cantidad necesaria de *Coriandrum sativum* para adsorber una determinada concentración de mercurio en aguas de mayores proporciones, y con un método diferente, teniendo resultados favorables en adsorción de casi el 100% en los primeros resultados. La siguiente diferencia es que se creó un sistema de tubería con filtro de *Coriandrum sativum* muy cómodo y sencillo de aplicar por personas de bajos recursos, siendo muy económico en comparación de depuradoras tradicionales y otros instrumentos, para la utilización de mineros de pequeña escala sin mucho presupuesto económico, para que exista una armonía con el medio ambiente.

Una tesis en Ecuador sobre “Rizofiltración de plomo del agua de la piscina de relaves de una minera utilizando *Coriandrum sativum* en humedales artificiales” obtuvo un 80% de eficiencia del sistema de rizofiltración para la descontaminación de las aguas con presencia de plomo (metal pesado) **(14)**, a pesar de que los resultados cumplen con los parámetros de la norma TULSMA (norma de Ecuador) **(15)**, no llega a depurar el plomo en un 100%. Aparte que para bajar la concentración de plomo para el relave minero se necesitó 10 días para estar debajo de los límites máximos permisibles dentro de la norma TULSMA. En comparación con el presente proyecto de tuberías con filtros de *Coriandrum sativum* para adsorber mercurio (metal pesado), la eficiencia en la adsorción se determinó por medio de una regla de tres simple a un 100%, porque

se llegó a erradicar el metal en su totalidad, además solo se necesita 45 minutos para la eliminación del mercurio del agua para el cumplimiento con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) **(16)** y límites máximos permisibles (LMP) **(17)** para el agua en el Perú. Aunque la diferencia es el metal a adsorber (mercurio y plomo) en la comparación de estas investigaciones, no puede existir mucha diferencia en cuanto al porcentaje de grado de adsorción por parte del *Coriandrum sativum*, porque una investigación a cargo del doctor Douglas Schauer, del Ivy Tech Community Collage, quien realizó junto a científicos de la Universidad Politécnica Francisco Madero de Hidalgo (México), aparte de los quelantes naturales que presentan la planta, demostraron que el secreto del *Coriandrum sativum* podría encontrarse en la estructura de las paredes exteriores de las células que conforman la planta **(18)**.

Entonces con la aplicación de las tuberías con filtros de *Coriandrum sativum* podemos erradicar al plomo al 100%, porque se conocería las concentraciones apropiadas para una determinada concentración del metal. Por lo tanto, el proyecto de “Evaluación de la eficiencia de tuberías con filtros de *Coriandrum sativum* (cilantro) para adsorber mercurio en aguas residuales – mineras artesanales, del distrito de manseriche” fue una evaluación exitosa porque se cumplió positivamente todos los objetivos planteados, todo con el fin de aportar investigación para el beneficio del hombre y su medio ambiente.

CAPÍTULO IV

CONCLUSION Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusión

- Las tuberías con filtros de 30 gr y 60 gr de *Coriandrum sativum*, mostraron una capacidad máxima de eficiencia en adsorción de mercurio
- La adsorción fue de 13.33 ppm de Hg/100 ml (100%) en tuberías de *Coriandrum sativum* en concentraciones de 30 gr y 60 gr.
- La cantidad máxima eficiente del *Coriandrum sativum* a usarse para la adsorción de mercurio sería de 154,64 gr.
- El empleo de la técnica empleando tuberías con filtros de *Coriandrum sativum* posibilita la adsorción de mercurio.

4.2. Recomendaciones

- Realizar una planta de tratamiento para aguas residuales con mercurio a nivel industrial, aplicando como filtro al *Coriandrum sativum*.
- Trabajar con *Coriandrum sativum* de un mismo lugar, para tener las mismas condiciones estándares de la planta.
- Para otra forma de adsorción en ambientes acuáticos contaminados con mercurio, se utilizaría al *Coriandrum sativum* en forma de bolsitas absorbentes suspendidas por una soga.
- Para otra investigación de adsorción, se trabajaría con el *Eryngium foetidum* (sacha culantro), porque es una de las pocas plantas que tiene compuestos químicos similares al *Coriandrum sativum*.

CAPÍTULO V

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **KURAMOTO JUANA R. Grupo de Análisis para el Desarrollo.** La Minería Artesanal e Informal en el Perú. s.l. : Copyright © 2002 IIED and WBCSD. All rights reserved, 2001. pág. 54.
2. **DOADRIO VILLAREJO ANTONIO L.** Ecotoxicología y acción toxicológica del mercurio. s.l. : Copyright (c), 2004. Vol. 70.
3. **DÍAZ ARRIAGA FARITH A. .** Mercurio en la minería del oro: impacto en las fuentes hídricas destinadas para consumo humano. Austin, EE. UU. : s.n., 2014.
4. **ESCOBAR SÁNCHEZ OFELIA.** Bioacumulación y Biomagnificación de mercurio y selenio en peces pelágicos mayores de la Costa Occidental de Baja California Sur, México. La Paz : Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, 2011.
5. **LEÓN PEREZ DANIEL ESTEBAN , PEÑUELA MESA GUSTAVO ANTONIO.** TRASCENDENCIA DEL METILMERCURIO EN EL AMBIENTE, LA ALIMENTACIÓN Y LA SALUD HUMANA. Colombia : s.n., 2011. Vol. 6.
6. **RENGIFO PINEDO DUMA L. Y REYES LÁZARO WILSON .** Amazonía peruana en riesgo por presencia de mercurio en el río Napo. Rio Napo : s.n., 2016. Vol. 12.
7. **PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE.** Evaluación Mundial Sobre el Mercurio. Ginebra : s.n., Versión en español publicada en Junio 2005.
8. **POSADA MARTHA ISABEL , ARROYAVE MARÍA DEL PILAR .** EFECTOS DEL MERCURIO SOBRE ALGUNAS PLANTAS ACUÁTICAS TROPICALES. Antioquia : s.n., 2006.
9. **PSICOCODE.** PSICOCODE. [En línea] 18 de Mayo de 2018. <https://psicocode.com/estudios/investigacion-cuasi-experimental/>.

10. **OCHOA CARLOS** . Netquest. [En línea] 8 de Abril de 2015. <https://www.netquest.com/blog/es/blog/es/muestreo-probabilistico-muestreo-aleatorio-simple>.
11. **VOGEL ARTHUR I.** . Química Analítica Cualitativa. s.l. : KAPELUSZ. págs. 156, Capitulo III.
12. **ARENAS SOSA IVAN, LOPEZ SANCHEZ JOSE LUIS.** ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN. CUERNAVACA : s.n., 2004.
13. **KARUNASAGAR D, BALARAMA KRISHNA M.V, RAO S.V Y ARUNACHALAM J.** Removal and preconcentration of inorganic and methyl mercury from aqueous media using a sorbent prepared from the plant *Coriandrum sativum*. India : s.n., 2004. Vol. 118.
14. **ALONSO HIDALGO VERÓNICA ALEXANDRA.** RIZOFILTRACIÓN DE PLOMO DEL AGUA DE LA PISCINA DE RELAVES DE LA MINERA ORENAS S.A. DEL CANTÓN CAMILO PONCE ENRÍQUEZ ZUAY, UTILIZANDO *Coriandrum sativum* (CULANTRO) EN HUMEDALES ARTIFICIALES. Machala : s.n., 2014.
15. **ESTADO ECUATORIANO.** TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA DE. 2017. pág. 407.
16. **EL PERUANO.** Normas legales de los Estandares de Calidad Ambiental para el agua. Lima : s.n., 2008.
17. **Dirección General de Políticas, Normas e Instrumentos de Gestión Ambiental del Ministerio del Ambiente.** CALIDAD AMBIENTAL. Lima : Copyright Ministerio del Ambiente -MINAM, 2010. Vol. V.
18. **SCHAUER DOUGLAS Y UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE FRANCISCO I MADERO, MÉXICO.** *Coriandrum sativum* PARA FILTRAR AGUA CON PRESENCIA DE METALES PESADOS. MEXICO : s.n., 2013.

CAPÍTULO VI

ANEXOS

Imagen 1: identificación de lugares con actividad minera aurífera



Imagen 2: Primer punto de recolección de muestra General



Imagen 3: Segundo Punto de recolección de muestra General (Derecha)



Imagen 4: Muestras Generales



Imagen 5: Análisis químico de muestra General



Imagen 6: Proceso de utilización del cilantro en la evaluación



Imagen 7: Introducción del agua residual a los sistemas de tuberías



Imagen 8: Salida del agua residual



Imagen 9: Muestras específicas post filtración en envases de 250 ml



Imagen 10: Análisis químico de las muestras específicas de 250 ml



Imagen 11: Mapa y Ubicación del Distrito de Manseriche en Loreto

