



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**

**ÁREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS ATURALES**

**RENOVABLES**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN MANEJO Y CONSERVACIÓN  
DEL MEDIO AMBIENTE**

**“EVALUACIÓN DEL POTENCIAL FITORREMIADOR DE LA  
ESPECIE *Dieffenbachia seguine* (Jacq.) Schott EN SUELOS  
CONTAMINADOS POR MERCURIO, EN EL SECTOR DE SAN  
ANTONIO, PARROQUIA GUADALUPE, PERTENECIENTE AL  
CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE”.**

Tesis de grado previa a la  
obtención del título de Ingeniero  
en Manejo y Conservación del  
Medio Ambiente.

**AUTOR:**

Richard Bladimir Paqui Maza

**DIRECTOR:**

Ing. Osmani Eduardo López Celi Mg. Sc.

**ZAMORA – ECUADOR**

**2016**

## CERTIFICACIÓN

Ing. Osmani Eduardo López Celi. Mg. Sc.

DOCENTE DE LA MODALIDAD DE ESTUDIOS PRESENCIAL DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE DEL PLAN DE CONTINGENCIA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA, SEDE ZAMORA.

### CERTIFICO:

Que el presente trabajo de titulación denominado: **“EVALUACIÓN DEL POTENCIAL FITORREMEDIADOR DE LA ESPECIE *Dieffenbachia seguine* (Jacq.) Schott EN SUELOS CONTAMINADOS POR MERCURIO, EN EL SECTOR DE SAN ANTONIO, PARROQUIA GUADALUPE, PERTENECIENTE AL CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE”**., desarrollado por el señor Richard Bladimir Paqui Maza, ha sido elaborada bajo mi dirección y cumple con los requisitos de fondo y de forma que exigen los respectivos reglamentos e instructivos.

Por ello autorizo su presentación y sustentación.

Zamora, 07 de Noviembre del 2016

Atentamente



Ing. Osmani Eduardo López Celi. Mg. Sc  
**DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

## AUTORÍA

Yo Richard Bladimir Paqui Maza, declaro ser autor del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi Trabajo de Titulación en el Repositorio Institucional-Biblioteca Virtual.

AUTOR: Richard Bladimir Paqui Maza

FIRMA: \_\_\_\_\_



CÉDULA: 1900609429

FECHA: Loja, 12 de Diciembre del 2016

**CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO**

Yo, Richard Bladimir Paqui Maza, declaro ser autor de la Tesis titulada **“EVALUACIÓN DEL POTENCIAL FITORREMIADOR DE LA ESPECIE *Dieffenbachia seguine* (Jacq.) Schott EN SUELOS CONTAMINADOS POR MERCURIO, EN EL SECTOR DE SAN ANTONIO, PARROQUIA GUADALUPE, PERTENECIENTE AL CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE”**., como requisito para optar por el grado de: INGENIERO EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Digital Institucional, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la Tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización en la ciudad de Loja, a los doce días del mes de diciembre del dos mil diez y seis, firma el autor:

AUTOR: Richard Bladimir Paqui Maza

FIRMA: \_\_\_\_\_

CÉDULA: 1900609429

DIRECCIÓN: Zamora – Calle-10 de Noviembre

CORREO ELECTRÓNICO: richardpaqui@hotmail.com

TELÉFONO: 2607257 CELULAR: 0982647781

DATOS COMPLEMENTARIOS

DIRECTOR DE TESIS: Ing. Osmani Eduardo López Celi, Mg. Sc.

TRIBUNAL DE GRADO

Ing. Galo Enrique Ramos Campoverde, Mg. Sc.

(Presidente)

Ing. Fausto Ramiro García Vasco, Mg. Sc.

(Vocal)

Ing. Hilter Farley Figueroa Saavedra, Mg. Sc.

(Vocal)

## DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado con todo el amor, aprecio y cariño para mi padre José Paqui y mi madre Elsa Maza, quienes estuvieron acompañándome en el transcurso de este objetivo muy importante de mi vida, brindándome su apoyo, comprensión, confianza y sobre todo la Fé, de que todo es posible en esta vida. Estas dos personas son las más maravillosas que jamás se apartaron y que siempre lucharon, día tras día dándome ese apoyo incondicional en los momentos más difíciles.

También deseo dedicarles a mis hermanas/o Nathaly, Yesly y Jose Alejandro Paqui, a quienes les digo que con esfuerzo, dedicación y trabajo duro se logran las metas. A ustedes mi Familia les dedico esta tesis con todo el amor por el apoyo durante este tiempo.

*Richard Paqui Maza*

## AGRADECIMIENTO

Primeramente quiero empezar agradeciendo a Dios por haberme regalado la fortaleza y la capacidad de culminar esta meta.

A la Universidad Nacional de Loja, al Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, por habernos abierto las puertas permitiéndonos culminar nuestros estudios, y podernos preparar hacia un futuro competitivo.

Así también agradezco a los catedráticos que estuvieron al frente durante todo este periodo dando lo mejor de cada uno, buscando mejoras continuas para cada uno de nosotros.

De la misma manera agradezco a mis padres por los valores que inculcaron para el mejoramiento diario como ser humano, también agradezco a mis hermanas/o Nathaly, Yesly y Jose Alejandro Paqui por apoyarme en el transcurso de este tiempo.

*Richard Paqui Maza*

## 1 TÍTULO

**“EVALUACIÓN DEL POTENCIAL FITORREMEDIADOR DE LA ESPECIE *Dieffenbachia seguine* (Jacq.) Schott EN SUELOS CONTAMINADOS POR MERCURIO, EN EL SECTOR DE SAN ANTONIO, PARROQUIA GUADALUPE, PERTENECIENTE AL CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE”.**

## 2 RESUMEN

El presente proyecto de investigación tuvo como finalidad evaluar el potencial fitorremediador de la especie vegetal *Dieffenbachia seguine* (Jacq.) Schott, en suelos contaminados por mercurio, generadas por la actividad minera en el barrio San Antonio, de la parroquia Guadalupe, cantón Zamora, en la presente investigación se plantearon dos objetivos específicos: Determinar el grado de contaminación actual del suelo por mercurio y evaluar el potencial fitorremediador de la especie *Dieffenbachia seguine* (Jacq.) Schott.

En la zona donde se ha realizado la extracción aurífera, se extrajo la cantidad de 0.364 m<sup>3</sup> de suelo para el establecimiento de cuatro platabandas, seguidamente se realizó la siembra de 8 plantas en cada platabanda dando un total de 21 plantas, las cuales se le dio el seguimiento respectivo durante cuatro meses.

Los resultados iniciales del laboratorio determinaron en el Tratamiento 1, el suelo se encuentra contaminado con un promedio de 63,66 mg/kg de mercurio, mientras que en la muestra testigo presento un valor de 82 mg/kg superando el límite máximo permisible que establece el Acuerdo Ministerial 028. Luego del proceso de fitorremediación se determinó que la cantidad de mercurio en el tratamiento 1 disminuyo a una concentración promedio de 9,01 mg/kg de mercurio, mientras que la muestra testigo a un valor de 11,0 mg/kg, estos valores superan los límites máximos permisibles del Acuerdo Ministerial 028. La eficiencia del tratamiento de la especie vegetal *Dieffenbachia seguine* es de 85,83%, sin embargo el testigo disminuyo en un 86,59% su concentración de mercurio en el suelo.



## 2.1 SUMMARY

The objective of this research project was to evaluate the phytoremediation potential of the plant species *Dieffenbachia seguine* (Jacq.) Schott, in soils contaminated by mercury, generated by mining activity in the San Antonio neighborhood of Guadalupe, Zamora town, in The present research set out two specific objectives: To determine the degree of current contamination of the soil by mercury and to evaluate the phytoremediation potential of the species *Dieffenbachia seguine* (Jacq.) Schott.

In the area where there has been gold extraction, extracted the amount of 0.364 m<sup>3</sup> of soil for the establishment of four trays, followed by planting of 8 plants in each platabanda giving a total of 21 plants, which were given the respective monitoring for four months. The initial laboratory results determined in treatment 1, the soil is contaminated with an average of 63,66 mg/kg of mercury, while sample witness present a value of 82mg/kg exceeding the permissible maximum limit which sets the 028 Ministerial Agreement.

After the process of phytoremediation is determined that the amount of mercury in the treatment 1 decreased to a concentration average of 9.01 mg / kg of mercury, while it shows witness to a value of 11.0 mg / kg, these values exceed limits the maximum permissible of the agreement Ministerial 028. The efficiency of the treatment of the vegetal species *Dieffenbachia seguine* is 85,83%, however the witness in 86.59% decreased its concentration of mercury in the soil.

### 3 INTRODUCCIÓN

En la década de los años 70, surge la pequeña minería y minería artesanal en las provincias de El Oro, Loja y Zamora Chinchipe que se encuentran en la región sur del Ecuador. En la provincia de Zamora Chinchipe, se practica una minería artesanal generalmente de subsistencia, no obstante con el pasar de los años la tecnología relacionada con maquinarias pesadas, se ha ocasionado en un problema de difícil control provocando severos problemas ambientales.

En el cantón Yacuambi se viene realizando la minería artesanal y pequeña minería a partir del año 1979 aproximadamente, ocasionando la contaminación de los suelos por los metales pesados y provocando impactos paisajísticos.

En el sector de San Antonio la minería es una actividad que se ha venido desarrollando hace mucho tiempo atrás a las riberas del río Yacuambi; es común encontrar personas trabajando ya que cuentan con los permisos mineros por parte de la Subsecretaría de Minas para realizar trabajos de minería aluvial con la utilización de dragas, tipo artesanal.

La concesión minera "San Antonio" ubicada en el barrio San Antonio perteneciente a la parroquia Guadalupe, tiene un permiso para minería artesanal de tipo aluvial (utilización de dragas) a las orillas del Río Yacuambi, aproximadamente de unas 6 hectáreas donde han venido trabajando hace unos 3 años atrás.

A pesar de tener el permiso para minería artesanal, hace 8 meses atrás ha venido trabajando con la ayuda de la maquinaria pesada para realizar la explotación aurífera en las orillas del Río Yacuambi de una forma no legal, (ya

que el permiso que tiene no le admite hacer uso de la maquinaria pesada), ocupando el área de media hectárea para el lavado del material, haciendo uso del mercurio, motivo el cual está incumpliendo la Ley de Minería en su artículo 86, que prohíbe el uso del mercurio en operaciones mineras, esto a su vez a ocasionando la contaminación del suelo ya que es un contaminante altamente toxico para la salud humana y el medio ambiente.

El área de “San Antonio” se trabajó de forma ilegal unos cuatro meses utilizando indiscriminadamente el mercurio para la obtención del oro, ocasionando el deterioro del suelo, finalizada la explotación no se aplicó ninguna técnica para remediar el suelo contaminado dejándolo a que se regenere de forma natural.

En la actualidad el suelo se encuentra abandonado y no se le ha dado ningún tipo de tratamiento (no se ha tomado en cuenta la técnica de fitorremediación), por lo que presuntamente ha perdido las propiedades físicas, químicas y biológicas por la presencia de metales pesados, impidiendo trabajar en las actividades agrícolas a los campesinos que realizan sus labores en la siembra de sus cultivos (plátano, yuca, caña, etc.), como también la siembra de hierva para poder dar de comer a sus animales.

Visto la necesidad y tomadas en cuenta las características de la fitorremediación, se realizó un ensayo experimental, el cual evaluamos el potencial fitorremediador de la especie *Dieffenbachia seguine*, en suelos contaminados por mercurio, para determinar si presenta una eficacia de descontaminación y dependiendo de sus resultados, pueda ser recomendada para su implementación, contribuyendo de esta manera solucionar los problemas ambientales en la provincia.

Para el presente proyecto se planteó realizar los siguientes objetivos:

### **Objetivo General**

Contribuir a la remediación de suelos contaminados por mercurio, mediante la técnica de fitorremediación, en el sector de San Antonio, parroquia de Guadalupe, cantón Zamora, provincia de Zamora Chinchipe.

### **Objetivos Específicos**

Determinar el grado de contaminación actual del suelo por mercurio, en el barrio de San Antonio, parroquia Guadalupe, perteneciente al cantón Zamora, provincia de Zamora Chinchipe.

Evaluar el potencial fitorremediador de la especie *Dieffenbachia seguine* (Jacq.) Schott en suelos contaminados por mercurio, en el barrio de San Antonio, parroquia Guadalupe, perteneciente al cantón Zamora, provincia de Zamora Chinchipe.

## 4 REVISIÓN DE LITERATURA

### 4.1 El suelo

#### 4.1.1 Concepto suelo

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2016) define de la siguiente manera el suelo:

Como el medio natural para el crecimiento de las plantas. También se ha definido como un cuerpo natural que consiste en capas de suelo (horizontes del suelo) compuestas de materiales de minerales meteorizados, materia orgánica, aire y agua. El suelo es el producto final de la influencia del tiempo y combinado con el clima, topografía, organismos (flora, fauna y ser humano), de materiales parentales (rocas y minerales originarios). Como resultado el suelo difiere de su material parental en su textura, estructura, consistencia, color y propiedades químicas, biológicas y físicas.

#### 4.1.2 Calidad del suelo

EL MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL ECUADOR (MAE, 2015) define de la siguiente manera a la calidad del suelo:

Conjunto de características cualitativas y/o cuantitativas que le permiten al suelo funcionar dentro de los límites del ecosistema del cual forman parte y con el que interactúa, y que posibilita su utilización para un propósito específico en una escala amplia de tiempo (p. 110).

Mientras que para la FAO(2016) lo establece como “La capacidad del suelo de funcionar, dentro de las fronteras del ecosistema y el uso de la tierra, manteniendo la calidad ambiental, los animales y al ser humano”.

### **4.1.3 Composición del suelo**

Brissio (como se citó en Montalvo, 2013) define a la composición del suelo de la siguiente manera:

El suelo está compuesto por tres fases: la fase sólida, compuesta a su vez por la fracción mineral y la orgánica; la fase líquida; y la fase gaseosa, que ocupa el espacio que la fase líquida deja libre en la porosidad presente en el suelo. En un promedio general la materia orgánica constituye un 5% del suelo, el agua 25%, el aire 25%, mientras que la fracción mineral está representada en un porcentaje del 45%. (p. 27).

### **4.1.4 Propiedades del suelo**

#### ***4.1.4.1 Propiedades físicas***

Según Rucks et al. (2004) define como “La condición física que determina, la rigidez y la fuerza de sostenimiento, la facilidad para la penetración de las raíces, la aireación, la capacidad de drenaje y de almacenamiento de agua, la plasticidad, y la retención de nutrientes” (pág. 2).

La FAO, (2016) establece las propiedades físicas del suelo, clasificando de la siguiente manera:

- Estructura del suelo
- La Profundidad del suelo
- Características del Agua en el Suelo
- La Disponibilidad del Agua en el Suelo
- La Textura del Suelo
- Color del Suelo

- Consistencia del Suelo
- Porosidad del Suelo
- Densidad del Suelo
- Movimiento del agua en el suelo

#### **4.1.4.2 Propiedades químicas**

Sancllemente (2011), sostiene que las propiedades físicas del suelo de la siguiente manera:

La química de suelos es aquella parte de la ciencia del suelo que estudia la composición, las propiedades y reacciones químicas de los suelos. Los mayores esfuerzos encaminados hacia la comprensión de las propiedades químicas del suelo, han sido enfocados hacia la nutrición vegetal. El estudio de los coloides del suelo, el intercambio iónico, la reacción del suelo (pH), la conductividad eléctrica y el tipo de compuestos químicos presentes, son los temas más sobresalientes.

#### **4.1.4.3 Propiedades biológicas**

La FAO,(2016) sostiene que las propiedades físicas del suelo de la siguiente manera:

- Ciclo del nitrógeno
- Ciclo del carbono

### **4.1.5 Contaminación del suelo por metales pesados**

#### **4.1.5.1 Suelo contaminado**

Según el MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL ECUADOR (2015), menciona “Todo aquel cuyas características físicas, químicas y biológicas naturales, han

sido alteradas debido a actividades antropogénicas y representa un riesgo para la salud humana o el ambiente”. (p. 112).

#### **4.1.5.2 Fuentes de contaminación del suelo por metales pesados**

Las principales fuentes de metales pesados son actividades naturales, como desgaste de cerros, volcanes, que constituyen una fuente relevante de los metales pesados en el suelo, así como también actividades antropogénicas como la industria minera que está catalogada como una de las actividades industriales más generadoras de metales pesados (Pineda, 2004, p.6).

##### *4.1.5.2.1 Origen Natural*

Los metales pesados contenidos en el material original, al meteorizarse, se encuentran en los suelos. Estas concentraciones naturales de metales pueden llegar a ser tóxicas para el crecimiento de las plantas. Concentraciones naturales muy altas en los suelos pueden ocasionar efectos tóxicos para los animales que los ingieren. (Guzmán, 2007)

##### *4.1.5.2.2 Fuentes Antropogénicas*

Las actividades humanas han ejercido un efecto considerable en la concentración y movilidad de los metales en los suelos. Dentro de algunas actividades que contaminan el suelo están las actividades mineras (Guzmán, 2007).

#### **4.1.6 Toxicidad de los metales pesados**

El grado de toxicidad de los elementos pesados en el suelo no solo depende del tipo de elemento de que se trate y de la concentración en que se encuentre, sino que tiene una especial incidencia la forma química o física en que se presente, ya que regula su disponibilidad y por tanto el efecto contaminante producido (Sánchez, 2003, p. 11).



#### **4.1.6.1 Disponibilidad de los metales pesados en el suelo**

Según Sánchez (2003), los metales pesados pueden seguir cuatro diferentes vías:

- ❖ Pueden quedarse retenidas en el suelo, ya sea disueltos en la solución del suelo o bien fijados por procesos de adsorción, complejación y precipitación.
- ❖ Pueden ser absorbidos por las plantas y así incorporarse a las cadenas tróficas.
- ❖ Pueden pasar a la atmósfera por volatilización.
- ❖ Pueden movilizarse a las aguas superficiales o subterráneas (p. 12).

#### **4.1.7 Factores que afectan a la disponibilidad y acumulación de los metales pesados en el suelo**

Según Sánchez (2003), menciona que: “El establecimiento de las características edáficas de un suelo resulta imprescindible a la hora de determinar la toxicidad de un metal pesado ya que de estas características depende el comportamiento del suelo frente a la acumulación del metal” (p. 13).

##### **4.1.7.1 Textura**

Según la FAO (2016) define a la textura de la siguiente manera:

La textura indica el contenido relativo de partículas de diferente tamaño, como la arena, el limo y la arcilla, en el suelo. La textura tiene que ver con la facilidad con que se puede trabajar el suelo, la cantidad de agua y aire que retiene y la velocidad con que el agua penetra en el suelo y lo atraviesa.

#### **4.1.7.2 Salinidad**

Según el MINISTERIO DE AGRICULTURA (2007) “Es el resultado de procesos naturales y/o antrópicos presentes en todos los suelos que conducen en menor o mayor grado a una acumulación de sales, que pueden afectar la fertilidad del suelo” (p. 3).

#### **4.1.7.3 Materia Orgánica**

La materia orgánica reacciona con los metales dando lugar a complejos de cambio o quelatos, de esta forma los metales migran con más facilidad a lo largo del perfil.

La materia orgánica puede adsorber tan fuertemente a algunos metales que pueden quedar en posición no disponible para las plantas. Por este motivo, algunas plantas de suelos con contenidos elevados en materia orgánica presentan carencias de elementos como el cobre. El plomo y el cinc forman quelatos solubles muy estables (Sánchez, 2003, p. 21).

#### **4.1.7.4 Capacidad de intercambio catiónico**

En general cuanto mayor sea la capacidad de intercambio catiónico mayor será la capacidad del suelo de fijar metales. El poder de adsorción de los distintos metales pesados depende de su valencia y de su radio iónico hidratado, a mayor tamaño y menor valencia, menos fuertemente quedan retenidos.

La Capacidad de intercambio catiónico de un suelo variará de horizonte a horizonte y en cada uno de ellos dependerá del tipo de arcillas y de los componentes orgánicos (Sánchez, 2003, p. 23).

#### **4.1.7.5 Potencial redox**

“La disponibilidad y movilidad de los metales pesados en el suelo, depende del estado de oxidación en que se encuentren y por tanto del potencial redox del suelo en unión a la variación del Ph” (Sánchez, 2003, p. 24).

#### **4.1.7.6 Carbonatos**

“Los carbonatos minerales son componentes mayoritarios de los suelos carbonatados y constituyen importantes superficies de adsorción para metales pesados. Su presencia puede tener efectos directos e indirectos sobre la movilidad y reactividad de los metales pesados” (Sánchez, 2003, p. 24).

#### **4.1.8 Movilización del mercurio en el suelo**

Es un elemento que puede ser fácilmente adsorbido por las arcillas, los óxidos de hierro y la materia orgánica, en función del pH e incrementándose la capacidad de adsorción con el aumento del pH. Su movilidad también puede aumentar como consecuencia de la formación de complejos estables con la materia orgánica y también con otros iones presentes en los suelos. Por otro lado, en condiciones reductoras su movilidad es muy baja como consecuencia de su precipitación en forma de sulfuro (Navarro, Mendoza, & Doménech. S.f).

##### **4.1.8.1 Estructura del Mercurio**

El mercurio es un elemento químico. Su símbolo es Hg y su número atómico es el 80. Es conocido desde la antigüedad. Es un metal pesado plateado que a temperatura ambiente es un líquido inodoro. Es mal conductor del calor comparado con otros metales, aunque es buen conductor de la electricidad. Se alea fácilmente con muchos otros metales como el oro o la plata produciendo amalgamas, respecto con el hierro. Es insoluble en agua y soluble en ácido nítrico. Cuando aumenta su temperatura produce vapores

tóxicos y corrosivos, más pesados que el aire. Es incompatible con el ácido nítrico concentrado, el acetileno, el amoníaco, el cloro y los metales. El mercurio es el único metal que es líquido, aunque si se expone al medio ambiente, se solidifica. (Vikidia, 2010)

#### **4.1.8.2 Toxicidad del Mercurio**

Una exposición repetida o prolongada a este elemento, puede afectar al sistema nervioso central, dando lugar a inestabilidad emocional y psíquica, alteraciones cognitivas y del habla. La experimentación animal ha demostrado que el mercurio posiblemente cause efectos tóxicos en la reproducción humana, daño en el esperma, defectos de nacimientos y abortos.

Con respecto a sus efectos sobre el medio ambiente, cuando el mercurio se acumula en el suelo o en las aguas superficiales, los microorganismos son capaces de transformarlo en metilmercurio ( $\text{CH}_3\text{Hg}$ ), que es un compuesto mucho más tóxico, y que al absorberse provoca severos en el sistema nervioso de los organismos. (Ecologista en acción , 2005)

#### **4.1.8.3 Volatilización del Mercurio**

Los procesos que definen el transporte y destino del mercurio en la atmosfera son principalmente tres vías que puede seguir: las emisiones, la transformación y transporte en la atmosfera y la deposición. La emisión puede tener como origen procesos naturales o bien antropogénicos. Entre los primeros se encuentran la volatilización del mercurio desde medios acuáticos y marinos, la volatilización a partir de la vegetación, la liberación de gases de materiales geológicos y las emisiones volcánicas. Es importante remarcar que las emisiones naturales de mercurio tienen lugar principalmente en forma de mercurio elemental. En cuanto a las emisiones antropogénicas, éstas están dominadas por procesos industriales y fuentes de combustión de contenido variable de mercurio, pudiendo darse tanto en forma gaseosa o como en forma particular. (Gaona , 2004, p. 13).

## **4.2 Biorremediación de suelos**

### **4.2.1 Conceptos**

Según Toledo (2009) define la biorremediación de la siguiente manera:

La biorremediación consiste en el uso de microorganismos tales como: enzimas, levaduras, hongos, o bacterias, para descomponer o degradar sustancias peligrosas. Los microorganismos así como los seres humanos se alimentan de sustancias orgánicas, estando estas formadas por átomos de carbono y de hidrógeno, de las cuales obtienen nutrientes y energía, siendo esta técnica menos agresiva para la naturaleza ya que es 100% natural y de más bajo costo que las otras técnicas de remediación. (p.55).

En el Acuerdo Ministerial 028, se menciona que, “es un conjunto de medidas y acciones que forman parte de la reparación integral, tendientes a restaurar afectaciones ambientales producidas por impactos ambientales negativos o daños ambientales, a consecuencia del desarrollo de actividades, obras o proyectos económicos o productivos”.

### **4.2.2 Tipos de biorremediación**

#### **4.2.2.1 Remediación microbiana**

Existe la posibilidad del uso de bacterias con la propiedad de acumular o metabolizar metales pesados. La utilización de microorganismos que transforman diferentes compuestos nocivos en otros de menor impacto ambiental ha experimentado un gran desarrollo reciente. Aunque las bacterias son las más empleadas en el proceso de biorremediación, también se han empleado otros microorganismos como hongos, algas, *cianobacterias* y *actinomicetes* para la degradación de compuestos tóxicos en el suelo (Nuñez, 2007, p. 41).

#### **4.2.2.2 Fitorremediación**

La fitorremediación es el uso de plantas para recuperar suelos contaminados, es una tecnología in situ no destructiva y de bajo costo y está basada en la estimulación de microorganismos degradadores. Consiste en el uso de plantas, sus microorganismos o enzimas asociadas, así como de la aplicación de técnicas agronómicas para degradar, retener o reducir a niveles inofensivos los contaminantes ambientales a través de procesos que logran recuperar la matriz o estabilizar al contaminante. (Sierra, 2005, p. 13).

#### **4.2.2.3 Técnicas de fitorremediación**

Las plantas pueden incorporar las sustancias contaminadas mediante distintos procesos que se explica a continuación:

##### **4.2.2.3.1 Fitoestimulación**

La Fitoestimulación llamada también rizodegradación según el autor Bonilla (2013) establece que “Las plantas generan los exudados radiculares que estimulan el crecimiento de los microorganismos nativos capaces de degradar compuestos orgánicos xenobióticos” (p. 22).

##### **4.2.2.3.2 Rizofiltración**

Es una técnica prometedora para absorber el problema de la contaminación del agua con metales. La Rizofiltración es similar a la fitoextracción, pero las plantas que se usan para la limpieza se cultivan en invernaderos con las raíces en agua, en lugar de suelo. (Pineda , 2004, p. 41).

##### **4.2.2.3.3 Fitoestabilización**

Según Diez (como se citó por Bonilla, 2013) menciona que el “Uso de plantas para reducir la biodisponibilidad y movilidad de los contaminantes en el

entorno, evitando el transporte a capas subterráneas o a la atmosfera, mejorando las propiedades físicas y químicas del medio” (p. 21).

#### *4.2.2.3.4 Fitoextracción*

Entre las metodologías de limpieza para suelos contaminados por metales pesados, la técnica de fitoextracción a través de los tejidos de las plantas, presenta ventajas ecológicas y económicas. Esta opción de limpieza depende principalmente, de las condiciones del suelo y de la planta acumuladora. Para mejorar el proceso de fito-extracción, la biodisponibilidad del contaminante hacia las raíces puede facilitarse a través de la adición de agentes acidificantes, de fertilizantes o quelantes (Sierra, 2006).

#### *4.2.2.3.5 Fitodegradación*

Jaramillo y Flores, (2012) sostiene que “Las plantas acuáticas y terrestres captan, almacenan y degradan compuestos orgánicos para dar subproductos menos tóxicos o no tóxicos” (p. 33).

#### **4.2.2.4 Plantas Hiperacumuladoras de mercurio**

Todas las plantas poseen un potencial para absorber una amplia variedad de metales del suelo pero la mayor parte de las plantas tienden solamente a absorber los que son esenciales para su supervivencia y desarrollo. Existe una notable excepción de esta regla de un pequeño grupo de plantas que pueden tolerar, absorber y translocar altos niveles de ciertos metales, estas plantas reciben el nombre de hiperacumuladoras (Pineda , 2004, p. 32).

Baker (como se citó en Bonilla, 2013) las plantas hiperacumuladoras son capaces de almacenar excesivas cantidades de contaminante en su follaje (mayor 1% de peso seco de la planta), este mecanismo implica alta tolerancia específica a metales pesados, los cuales están presentes en el suelo en concentraciones que normalmente podrían considerarse fitotóxicas (p. 15).

### 4.2.2.5 *Dieffenbachia seguine*

#### 4.2.2.5.1 Taxonomía

**Tabla 1.** Taxonomía de la *Dieffenbachia seguine*

<b>Reino:</b>	<b>Vegetal</b>
<b>División:</b>	Magnoliophyta
<b>Clase:</b>	Liliopsida
<b>Orden:</b>	Alismatales
<b>Familia:</b>	Araceae
<b>Subfamilia:</b>	Aroideae
<b>Género:</b>	Dieffenbachia
<b>Especie:</b>	<i>D. seguine</i> (JACQ) SCHOTT, 1829

Fuente: [https://es.wikipedia.org/wiki/Dieffenbachia\\_seguine](https://es.wikipedia.org/wiki/Dieffenbachia_seguine)

#### 4.2.2.5.2 Descripción

La *Dieffenbachia seguine* es una planta siempre-verde forma tallos erectos o procumbentes de cerca 3 cm de diámetro y largos hasta cerca de 2 m y más en su ambiente natural, sobre los cuales son visibles los anillos dejados de las bases foliares, hojas alternas, sobre un pecíolo largo cerca 30 cm lanceoladas u oblongas con ápices finalizados en punta, largas 20-50 cm y anchas 10-20 cm de color verde intenso brillante puntado y manchado de blanco o crema.

Las inflorescencias, axilares, en grupos de 2-3 están constituidas con un espádice largo cerca de 16 cm encerrado en una espata blanca verduzca larga cerca 20 cm, las flores con unisexuales protogines (las flores femeninas son receptivas antes de la maduración de las flores masculinas, lo que impide la autofecundación) en particular aquellas masculinas ocupan la parte superior del espádice, aquellas femeninas están reagrupadas en la parte inferior separadas de las masculinas por una zona estéril. Los frutos son bayas color naranja.

Se reproduce normalmente por esqueje de punta, acodo o porciones de tallo, con al menos tres nudos, posicionados verticalmente o enterrados horizontalmente hasta la mitad del espesor del tallo o un poco más.



La especie es cultivable al aire libre en zonas de clima tropical húmedo en posición muy luminosa, para exaltar los colores de las hojas, pero lejos del sol directo, sobre suelos ricos de sustancia orgánica, drenados y ventilados, ácidos, de otra manera, se cultiva en macetas y como tal es apreciada para la decoración de interior por su follaje ornamental.

El sustrato debe ser orgánico, con agregado de arena o perlita, poroso y bien drenado para evitar podredumbre radical.

La temperatura debe mantenerse superior a los 14-16°C óptima: 20-22°C, sin bruscas variaciones. Durante el período vegetativo los riegos deben ser regulares y el sustrato mantenido húmedo, pero sin encharcamientos que puedan provocar que las hojas se vuelvan amarillas, durante el invierno los riegos se deben espaciar, especialmente si las temperaturas se encuentran en el límite inferior, pero sin dejar secar completamente el sustrato. Dieffenbachia segine (2015),

[https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Dieffenbachia\\_segine&oldid=80114118](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Dieffenbachia_segine&oldid=80114118).

### 4.3 Investigaciones

Mediante un estudio realizado en Bucaramanga por Reyes y Duarte (2008), sobre: Evaluación de la capacidad bioacumuladora de mercurio de siete especies vegetales. Para ello el trabajo fue realizado de la siguiente manera:

La especie *Dieffenbachia seguine* se obtuvo por medio de reproducción por esquejes, tomando la base de la planta varias ramas con brotes que se cortaron y se sembraron en materas individuales.

Se aplicó un fertilizante NPK15:15:15 empleado durante el experimento.

Los resultados que se obtuvieron fueron los siguientes:

La especie *Dieffenbachia seguine* es la que posee concentraciones más altas con 4360 + 36 ppb, para el espécimen N<sub>o</sub>. 2 cultivado sin fertilizantes y

4500 + 170 ppb, para la espécimen N<sub>0</sub>. 2 cultivado sin fertilizante. Por tal razón, puede afirmarse, que en el experimento, la *Dieffenbachia seguine* fue la especie que más mercurio acumulo en la raíz.

Es necesario anotar, que de las siete especies que se estudiaron, la *Dieffenbachia seguine* presenta mayor masa radicular, esto permite una mayor interacción entre el suelo y la planta, lo cual constituye un factor muy importante dentro de la fitorremediación.

Como conclusión la especie *Dieffenbachia seguine* mostro los valores más altos de acumulación de mercurio en raíz, y presento translocación del mercurio desde sus pelos radiculares hasta la raíz principal da la planta. No obstante, las concentraciones de mercurio es sus tejidos superiores fueron inferiores a los 160 ppb. Por su amplio sistema radicular y, por lo anteriormente mencionado, la planta *Dieffenbachia seguine* podría ser útil como fitoestabilizadora del mercurio presente en suelos contaminados, ayudando a disminuir la movilidad del metal al retenerlo en sus raíces.

#### **4.4 Marco legal**

El Ecuador cuenta con leyes y normas que contribuyen a regular las diferentes actividades, a desarrollarse en el territorio ecuatoriano, a continuación se hace referencia a los más importantes.

##### **4.4.1 Constitución de la República del Ecuador**

La Constitución de la República del Ecuador (2008) entre algunos de sus artículos establece:

**Art. 409.-** Es de interés público y prioridad nacional la conservación del suelo, en especial su capa fértil. Se establecerá un marco normativo para su protección y uso sustentable que prevenga su degradación, en particular la provocada por la contaminación, la desertificación y la erosión.

En áreas afectadas por procesos de degradación y desertificación, el Estado desarrollará y estimulará proyectos de forestación, reforestación y revegetación que eviten el monocultivo y utilicen, de manera preferente, especies nativas y adaptadas a la zona.

**Art. 410.-** El Estado brindará a los agricultores y a las comunidades rurales apoyo para la conservación y restauración de los suelos, así como para el desarrollo de prácticas agrícolas que los protejan y promuevan la soberanía alimentaria.

#### **4.4.2 Acuerdo Ministerial 028**

También en el Acuerdo Ministerial 028 MAE del 13 de febrero del 2015 en el párrafo II del suelo menciona en sus artículos que:

**Art. 217 Calidad de Suelos.-** Para realizar una adecuada caracterización de éste componente en los estudios ambientales, así como un adecuado control, se deberán realizar muestreos y monitoreo siguiendo las metodologías establecidas en el Anexo II del presente Libro y demás normativa correspondiente.

La Autoridad Ambiental Competente y las entidades del Sistema Nacional Descentralizado de Gestión Ambiental, en el marco de sus competencias, realizarán el control de la calidad del suelo de conformidad con las normas técnicas expedidas para el efecto. Constituyen normas de calidad del suelo, características físico-químicas y biológicas que establecen la composición del suelo y lo hacen aceptable para garantizar el equilibrio ecológico, la salud y el bienestar de la población.

**Art. 218 Tratamiento de Suelos Contaminados.-** Se lo ejecuta por medio de procedimientos validados por la Autoridad Ambiental Competente y acorde a la norma técnica de suelos, de desechos peligrosos y demás normativa aplicable. Los sitios de disposición temporal de suelos contaminados deberán tener medidas preventivas eficientes para evitar la dispersión de los contaminantes al ambiente.

**Art. 219 Restricción.-** Se restringe toda actividad que afecte la estabilidad del suelo y pueda provocar su erosión.

#### **4.4.2.1 Criterios de calidad de suelo y criterios de remediación**

**Criterios de calidad del suelo.-** Los criterios de calidad del suelo son valores de fondo aproximados o límites analíticos de detección para un contaminante presente en el suelo. Los valores de fondo se refieren a los niveles ambientales representativos para un contaminante en el suelo. Estos valores pueden ser el resultado de la evolución natural del área, a partir de sus características geológicas, sin influencia de actividades antropogénicas. Los criterios de calidad del suelo constan en la Tabla 2.

**Tabla 2.** *Criterios de calidad de suelo*

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades (Concentración en peso seco de suelo)</b>	<b>Valor</b>
Parámetros Generales		
Conductividad	uS/m	200
pH		6a8
Relación de adsorción de Sodio (índice SAR)		4*
Parámetros in orgánicos		
Arsénico (inorgánico)	mg/kg	12
Azufre (elemental)	mg/kg	250
Bario	mg/kg	200

Boro (soluble en agua caliente)	mg/kg	1
Cadmio	mg/kg	0.5
Cobalto	mg/kg	10
Cobre	mg/kg	25
Cromo Total	mg/kg	54
Mercurio	mg/kg	0.1

Fuente: Ministerio del Ambiente 2015

**Criterios de remediación del suelo.**- Los criterios de remediación se establecen de acuerdo al uso del suelo, tienen el propósito de establecer los niveles máximos de concentración de contaminantes en un suelo luego de un proceso de remediación, y son presentados en la Tabla 3.

**Tabla 3.** *Criterios de remediación del suelo*

Parámetro	*Unidades	USO DEL SUELO			
		Residencial	Comercial	Industrial	Agrícola
<b>Parámetros Generales</b>					
Conductividad	uS/mm	200	400	400	200
pH	-	6 a 8	6 a 8	6 a 8	6 a 8
Relación de adsorción de Sodio (índice SAR)	-	5	12	12	5
<b>Parámetros inorgánicos</b>					
Arsénico-(Inorgánico)	mg/kg	12	12	12	12
Sulfuro	mg/kg	-	-	-	-
Bario	mg/kg	500	2000	2000	750
Boro (soluble en agua caliente)	mg/kg	-	-	-	2
Cadmio	mg/kg	4	10	10	2
Cobalto	mg/kg	50	300	300	40
Cobre	mg/kg	63	91	91	
Cromo Total	mg/kg	64	87	87	65

Cromo VI	mg/kg	0.4	1.4	1.4	0.4
Cianuro (libre)	mg/kg	0.9	8	8	0.9
Estaño	mg/kg	50	300	300	5
Fluoruro	mg/kg	400	2000	2000	200
Mercurio	mg/kg	1	10	10	0.8
Molibdeno	mg/kg	5	40	40	5
Niquel	mg/kg	100	100	50	50
Plomo	mg/kg	140	150	150	60
Selenio	mg/kg	5	10	10	2
Talio	mg/kg	1	1	1	1
Vanadio	mg/kg	130	130	130	130
Zinc	mg/kg	200	380	360	200

Fuente: Ministerio del Ambiente 2015

#### 4.4.3 Ley Minera

Por otra parte en el Capítulo IV de la Ley de Minería en sus artículos establece:

**Art. 8.- Agencia de Regulación y Control Minero.-** La Agencia de Regulación y Control Minero, es el organismo técnico-administrativo, encargado del ejercicio de la potestad estatal de vigilancia, auditoría, intervención y control de las fases de la actividad minera que realicen la Empresa Nacional Minera, las empresas mixtas mineras, la iniciativa privada, la pequeña minería y minería artesanal y de sustento, de conformidad con las regulaciones de esta ley y sus reglamentos.

**Art. 18.- Sujetos de derecho minero.-** Son sujetos de derecho minero las personas naturales legalmente capaces y las jurídicas, nacionales y extranjeras, públicas, mixtas o privadas, comunitarias y de autogestión, cuyo objeto social y funcionamiento se ajusten a las disposiciones legales vigentes en el país.

**Art. 30.- Concesiones mineras.-** El Estado podrá excepcionalmente delegar la participación en el sector minero a través de las concesiones. La concesión minera es un acto administrativo que otorga un título minero, sobre el cual el titular tiene un derecho personal, que es transferible previa la calificación obligatoria de la idoneidad del cesionario de los derechos mineros por parte del Ministerio Sectorial, y sobre éste se podrán establecer prendas, cesiones en garantía y otras garantías previstas en las leyes, de acuerdo con las prescripciones y requisitos contemplados en la presente ley y su reglamento general.

La inscripción de la transferencia del título minero será autorizada por la Agencia de Regulación y Control Minero una vez que reciba la comunicación de parte del concesionario informando la cesión de sus derechos mineros, de acuerdo al procedimiento y los requisitos establecidos en el reglamento general de esta ley. Dicho acto se perfeccionará con la inscripción en el Registro Minero previo el pago de un derecho de registro que corresponderá al uno por ciento del valor de la transacción.

**Art. 33.- Derechos de trámite para concesión.-** Los interesados en la obtención de concesiones mineras pagarán en concepto de derechos por cada trámite de solicitud de concesión minera y por una sola vez, cinco remuneraciones básicas unificadas. El valor de este derecho no será reembolsable y deberá ser depositado en la forma que se establezca en el reglamento general de esta ley.

**Art. 82.- Conservación de la flora y fauna.-** Los estudios de impacto ambiental y los planes de manejo ambiental, deberán contener información

acerca de las especies de flora y fauna existentes en la zona, así como realizar los estudios de monitoreo y las respectivas medidas de mitigación de impactos en ellas.

**Art. 84.- Protección del ecosistema.-** Las actividades mineras en todas sus fases, contarán con medidas de protección del ecosistema, sujetándose a lo previsto en la Constitución de la República del Ecuador y la normativa ambiental vigente.

**Art. 134.- Minería Artesanal.-** Se considera minería artesanal y de sustento aquella que se efectúa mediante trabajo individual, familiar o asociativo de quien realiza actividades mineras autorizadas por el Estado en la forma prevista en esta ley y su reglamento y que se caracteriza por la utilización de herramientas, máquinas simples y portátiles destinadas a la obtención de minerales cuya comercialización en general sólo permite cubrir las necesidades básicas de la persona o grupo familiar que las realiza y que no hayan requerido una inversión superior a las ciento cincuenta remuneraciones básicas unificadas.

El Ministerio Sectorial otorgará permisos por un plazo de 10 años para realizar labores de minería artesanal, que será renovado por periodos iguales, siempre que exista petición escrita antes de su vencimiento y que tenga informe favorable de la Agencia de Regulación y Control y del Ministerio del Ambiente. Los permisos de la Minería Artesanal, no podrán afectar los derechos de un concesionario minero con un título vigente; no obstante lo anterior, los concesionarios mineros podrán autorizar la realización de trabajos de minería artesanal en el área de su concesión mediante contratos mineros en los que se



prevea el cumplimiento de la normativa ambiental y minera de acuerdo al reglamento especial que se dictará para el efecto.

## 5 MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1 Materiales y métodos

#### 5.1.1 Materiales

##### *5.1.1.1 Materiales de campo*

- GPS
- Cámara
- Pala jardinera
- Pala
- Machete
- Fundas herméticas
- Metro
- Platabandas
- Guantes
- Clavos

##### *5.1.1.2 Materiales de oficina*

- Hojas de papel A4
- Etiquetas
- Computadora
- Esfero

## **5.2 Métodos**

### **5.2.1 Área de estudio**

#### ***5.2.1.1 Ubicación política y geográfica***

El barrio San Antonio se encuentra ubicada en la parroquia de Guadalupe del cantón Zamora, provincia de Zamora Chinchipe, cuyas coordenadas UTM son 07233329; 9578662 en la región Sur de la Amazonia Ecuatoriana.

La parroquia Guadalupe geográficamente está situada en el margen izquierdo del río Yacuambi, al Noreste del cantón Zamora, a unos 35 Km de la ciudad capital de Zamora Chinchipe. (Gaona, 2012, p. 1).

Limita al Norte, con el cantón Yacuambi, parroquia la Paz, siguiendo la cuenca de la Quebrada Muchime hasta su desembocadura en el río Yacuambi, cruzando éste en línea recta hacia el nacimiento de la quebrada de Kantzi la cual desemboca en el río Chicaña; al Sur, con la cordillera que divide las aguas de la quebrada Namirez y el río Yacuambi; al Este, con la quebrada de Panguintza y el río Zamora; y, al Oeste, por la parroquia Imbana del cantón Zamora (Gaona, 2012, p. 2).



**Figura 1.** Ubicación política del Barrio San Antonio

### **5.2.1.2 Clima**

De acuerdo al Plan de Ordenamiento Territorial de Guadalupe (como se citó en Armijos, 2014) “el clima de Guadalupe barrio San Antonio se caracteriza por ser cálido húmedo aun que suele variar de tropical a subtropical, su temperatura oscila entre 21 a 24°C”. (p.39).

### **5.2.1.3 Relieve**

De acuerdo al Plan de Ordenamiento Territorial de Guadalupe establece que:

Posee un relieve con características topográficas especiales que se caracteriza por la presencia de colinas altas y medianas, cordones litorales, cuerpos de agua, relieves montañosos y terrazas bajas. Presenta elevaciones comprendidas entre los 1000 – 3200 msnm, las zonas donde se encuentran ubicados los poblados se caracterizan por presentar alturas entre los 1000 a 1800 msnm. (p. 3).

#### **5.2.1.4 Hidrografía**

El barrio San Antonio su recurso hídrico principal es el río Yacumabi, el cual se origina en los páramos de Matanga y drena sus aguas con una dirección norte-sur. Debido a sus altas precipitaciones torrenciales las aguas han logrado perder su cauce específicamente en la época de invierno y es así como se han formado las playas hace millones de años atrás, donde hoy en la actualidad son explotadas de una manera ilegal (Armijos, 2014, p. 37).

### **5.3 Planteamiento de hipótesis**

#### **5.3.1 Hipótesis de investigación**

La descontaminación del suelo contaminado por mercurio en el barrio San Antonio, depende del potencial fitorremediador de la especie *Dieffenbachia seguine*.

#### **Tipo de investigación**

La presente investigación es de tipo cuantitativo, con enfoque correlacional debido a que los datos obtenidos de las características de la especie *Dieffenbachia seguine* presentan una medición numérica y análisis estadístico.

Enfoque: Cuantitativo

Alcance del estudio: Correlacional

### **5.4 Variables**

#### **5.4.1 Variable dependiente**

Potencial fitorremediador de la especie *Dieffenbachia seguine*

Operación de la variable:

- a) Análisis para la determinación de mercurio en el suelo antes y posterior al proceso de fitorremediación, expresado en porcentaje de descontaminación.
- b) Análisis para la determinación de las propiedades físicas químicas del suelo.
  - Textura
  - pH
  - Materia orgánica
  - Conductividad eléctrica

#### **5.4.2 Variable independiente**

Nivel de descontaminación de suelos por mercurio

### **5.5 Metodología para el primer objetivo específico**

Determinar el grado de contaminación actual del suelo por mercurio, en el barrio de San Antonio, parroquia Guadalupe, perteneciente al cantón Zamora, provincia de Zamora Chinchipe.

#### **5.5.1 Recopilación de información**

Se recopiló información secundaria del Plan de Ordenamiento Territorial de Guadalupe (PDOT G) con la finalidad de conocer la explotación aurífera, población, servicios básicos, educación.

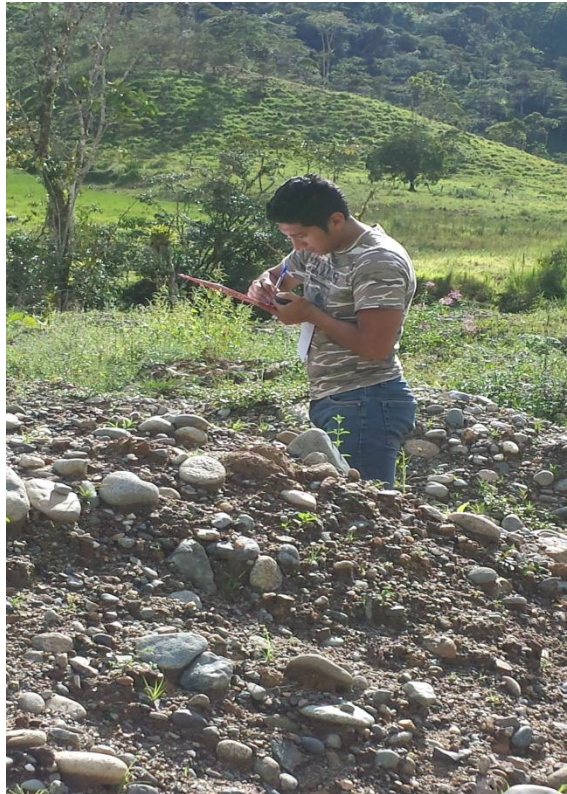
### 5.5.2 Entrevista

Se realizó la caracterización y se obtuvo la información detallada del lugar, en el cual se aplicó una entrevista al señor Milton Ochoa propietario del terreno. (Ver anexo 1)



**Fotografía 1.** *Entrevista al propietario del terreno*

Se realizó un recorrido de campo en el área de estudio, aplicando los lineamientos del Acuerdo Ministerial 028, sobre la caracterización del área de influencia directa, con el propósito de conocer cómo se encuentra el estado actual de la zona. (Ver anexo 2)



**Fotografía 2.** Recorrido de campo

### 5.5.3 Ubicación del lugar

El experimento se desarrolló de manera ex situ, ubicada en la calle 10 de Noviembre y Pio Jaramillo Alvarado, en el barrio Jorge Mosquera, perteneciente al cantón Zamora.



**Fotografía 3.** Ubicación del lugar a desarrollar el ensayo



## 5.6 Muestreo

La metodología a seguir para el cumplimiento del primer objetivo, se realizó a través del protocolo de muestreo según los lineamientos que lo establece el Acuerdo Ministerial 028.

### 5.6.1 Delimitación del área a muestrear

En la concesión minera “San Antonio” perteneciente a los terrenos del señor Milton Ochoa, se procedió al levantamiento de coordenadas UTM tomando seis puntos del área intervenida con el propósito de elaborar un mapa del área en estudio.



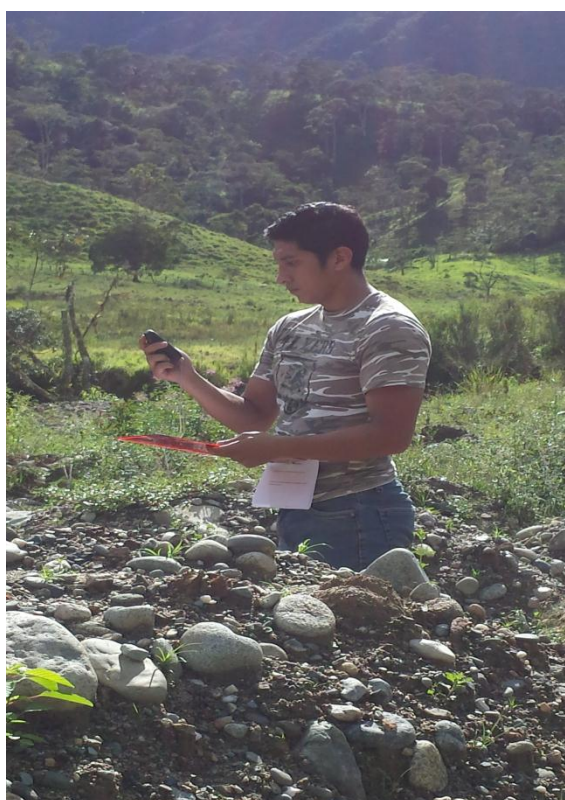
**Fotografía 4.** *Levantamiento de coordenadas*

### 5.6.2 Tipo de muestra

Se aplicó el muestreo al azar, debido a que el material utilizado en la explotación aurífera se encuentra sobre la superficie.

### 5.6.3 Identificación de los puntos

Se identificó cuatro puntos de muestreo dentro del polígono elaborado, donde se estableció la ubicación tomando las coordenadas UTM, en el cual se extrajo la cantidad del suelo, trasladando al lugar donde se desarrolla el ensayo experimental.



**Fotografía 5.** *Identificación de los puntos*

#### 5.6.4 Obtención del suelo

El suelo se extrajo del terreno del Señor Milton Ochoa, la cantidad de 0.364 m<sup>3</sup> para un total de cuatro platabandas, posteriormente se trasladó al lugar en el cual se realiza el ensayo experimental.



Fotografía 6. *Obtención del suelo*

#### 5.6.5 Construcción de las platabandas

Se construyó cuatro platabandas con las siguientes medidas, 91 cm de largo, 50 cm de ancho y con 30 cm de altura, colocando un plástico en la superficie.



**Fotografía 7.** *Construcción de la Platabanda*

#### **5.6.6 Colocación del material en las platabandas**

Se colocó el suelo homogenizado, la cantidad de  $0,091 \text{ m}^3$  en cada una de las platabandas empleadas para el ensayo experimental.



**Fotografía 8.** *Colocación del material en las platabandas*

#### **5.6.7 Tipo de muestra**

En el presente estudio, se recolectó una muestra por cada platabanda implementada.

#### **5.6.8 Toma de la muestra**

Procedimiento para la obtención de las muestras de cada platabanda implementada en el ensayo experimental:

- Se colocó guantes quirúrgicos en las manos, con el fin de no contaminar las muestras.
- En cada platabanda se eliminó y limpio los restos de rastrojos, piedras y hierbas.
- Con una pala jardinera, se extrajo el suelo de cada una de las platabandas.

- El suelo que se extrajo se colocó en las fundas ziploc, y se pesó la cantidad de 1 Kg, con la ayuda de una balanza de mano.



**Fotografía 9.** Toma de la muestra

#### **5.6.9 Tipo de recipiente y conservación de la muestra**

- La muestra obtenida se guardó en un lugar oscuro y fresco a una temperatura promedio de 2 a 5 °C.
- Se utilizó fundas herméticas ziploc.
- Se utilizó un cooler para la conservación de la muestra con el objetivo de evitar la alteración de las características físico-químicas.



**Fotografía 10.** *Conservación de la muestra*

#### **5.6.10 Etiquetado de la muestra**

El etiquetado de la muestra se colocó en un lugar visible, llenando la documentación con los datos respectivos, acorde al número de la platabanda.  
(Ver anexo.3)

- Fecha
- Código
- Cantidad
- Responsable
- Hora

#### **5.6.11 Envío de la muestra**

La muestra tomadas se envió al laboratorio Gruntec, acreditado por la OAE (Organismo de Acreditación Ecuatoriano) que se encuentra ubicada en la ciudad

de Yantzaza, con la finalidad de verificar si el mercurio se encuentra presente en el suelo.

#### **5.6.12 Análisis de laboratorio**

Los parámetros que se analizaron en el laboratorio se detallan a continuación:

Parámetros físicos:

- pH
- Materia orgánica
- Conductividad
- Textura

Parámetro químico:

- Mercurio

#### **5.6.13 Interpretación de los resultados**

Con el resultado obtenido del análisis de laboratorio del metal mercurio se procedió a comparar con la Tabla 1. Criterios de Calidad (valores máximos permisibles), del Acuerdo Ministerial 028.

### **5.7 Metodología para el segundo objetivo**

Evaluar el potencial fitorremediador de la especie *Dieffenbachia seguine* (Jacq.) Schott en suelos contaminados por mercurio, en el barrio de San Antonio,



parroquia Guadalupe, perteneciente al cantón Zamora, provincia de Zamora Chinchipe.

### 5.7.1 Diseño experimental y estadístico

El diseño que se aplicó es de tipo experimental con un tratamiento, donde se aplicó tres repeticiones para el contaminante (mercurio) y un testigo.

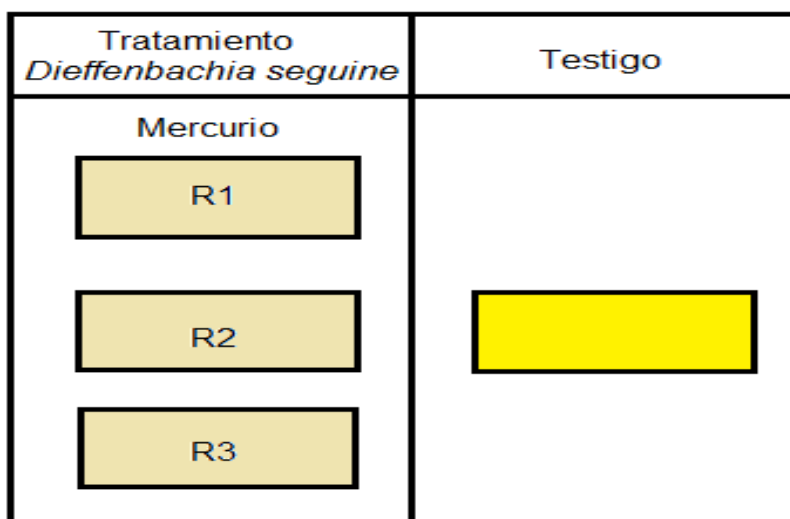


Figura 2. Distribución del tratamiento a implementar

### 5.7.2 Diseño experimental

El experimento se desarrollo en base al método no parametrico denominado “*Chi-Cuadrado o X<sup>2</sup>*”, aplicando a los resultados del laboratorio, del tratamiento experimental construido.

#### 5.7.2.1 Modelo matemático

El metodo estadistico establecido se basa en la siguiente formula:

$$X^2 = \sum \frac{(f_o - f_e)^2}{f_e}$$

Donde : fo= Frecuencia del valor observado  
Fe= Frecuencia del valor esperado

### 5.7.3 Adquisición del material vegetal

Los tallos de la *Dieffenbachia seguine* se la obtuvo en el Colegio 12 de Febrero y de las riveras del río Zamora, para posteriormente proceder a la siembra por medio de esquejes.

### 5.7.4 Siembra de las especie vegetal

Se sembró por esquejes la cantidad de 8 plantas por cada platabanda implementada a una distancia de 20 cm, dando un total de 24 plantas.



Fotografía 11. Siembra de la especie

### 5.7.5 Limpieza y riego

Diariamente se eliminó manualmente la presencia de plagas en cada una de las plantas. Cada dos días se realizó el riego en cada planta de forma manual

con la ayuda de una regadera, aplicando la cantidad necesaria para su desarrollo durante todo el ciclo del experimento (cuatro meses); evitando de esta manera el exceso de humedad y la lixiviación del contaminante.



**Fotografía 12.** *Eliminación de plagas*

### **5.7.6 Monitoreo y control**

En el seguimiento y control de los tratamientos, a cada planta se le identificó con un código numérico, facilitando de esta manera su registro sobre las características morfológicas.

En el primer mes se realizó el monitoreo y control, una vez a la semana, luego se lo realizó cada 15 días durante tres meses, verificando la evolución de cada planta. (Ver anexo 5)



**Fotografía 13.** *Medición de la altura*



**Fotografía 14.** *Planta con clorosis*



**Fotografía 15.** *Etiquetado a las plantas*

#### **5.7.7 Toma de muestra**

Procedimiento para la obtención de las muestras de cada platabanda implementada en el ensayo experimental:

- Uso de guantes quirúrgicos en las manos, con el fin de no contaminar las muestras.
- En cada platabanda se eliminó y limpio los restos de rastrojos, piedras y hierbas.
- Con una pala jardinera, se extrajo el suelo de cada una de las platabandas.
- El suelo que se extrajo se colocó en las fundas ziploc, y se pesó la cantidad de 1 libra.



**Fotografía 16.** *Tamizado de la muestra*



**Fotografía 17.** *Pesado de la muestra*

### 5.7.8 Tipo de recipiente y conservación de la muestra

- La muestra obtenida se guardó en un lugar oscuro y fresco a una temperatura promedio de 2 a 5 °C.
- Se utilizó fundas herméticas ziploc.
- Se utilizó un cooler para la conservación de la muestra con el objetivo de evitar la alteración de las características físico-químicas.



**Fotografía 18.** *Conservación de la muestra*

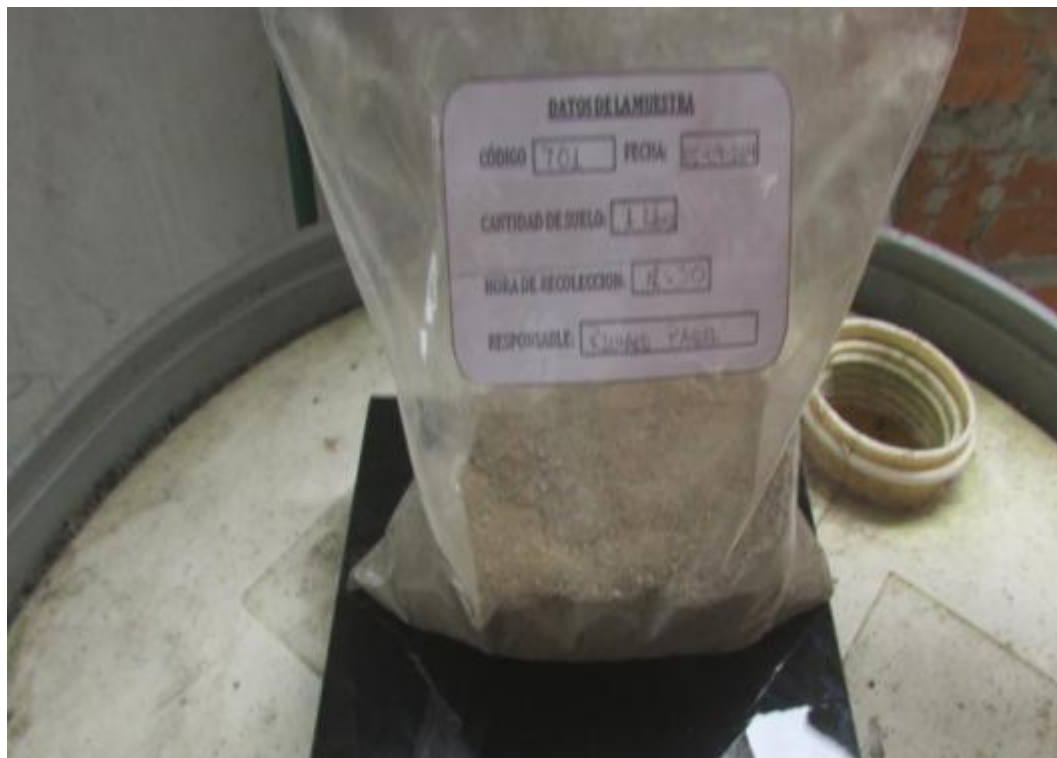
### 5.7.9 Etiquetado de la muestra

El etiquetado de la muestra se colocó en un lugar visible, llenando la documentación con los datos respectivos, acorde al número de la platabanda.

(Ver anexo.6)

- Fecha
- Código

- Cantidad
- Responsable
- Hora



**Fotografía 19.** *Etiquetado de la muestra*

#### **5.7.10 Envío de la muestra**

La muestra tomadas se envió al laboratorio A.G.Q acreditado por la OAE (Organismo de Acreditación Ecuatoriano) que se encuentra ubicado en la ciudad de Guayaquil, con la finalidad de verificar si el mercurio se encuentra presente en el suelo.

#### **5.7.11 Análisis de laboratorio**

Los parámetros que se analizaron en el laboratorio se detallan a continuación:

Parámetros físicos:



- pH
- Materia orgánica
- Conductividad
- Textura

Parámetro químico:

- Mercurio

#### **5.7.12 Interpretación y análisis de los resultados**

Con el resultado obtenido del análisis de laboratorio del metal mercurio se procedió a comparar con la normativa ambiental vigente como es el Acuerdo Ministerial 028 Tabla 2. Criterios de Remediación (valores máximos permisibles).

## **6 RESULTADOS**

### **6.1 Recopilación de información del Plan de Ordenamiento Territorial de Guadalupe**

#### **6.1.1 Población**

Según el Gobierno Autónomo Descentralizado de la Parroquia Guadalupe (2009-2014), “Hasta el 2010, tenía una población de 2,857 habitantes, con una tasa de crecimiento poblacional inter-censal (2001-2010) de 5,51% anual”. (p.55).

#### **6.1.2 Educación**

“El barrio San Antonio cuenta con un establecimiento educativo denominado Odilo Aguilar que tiene 3 aulas y abarca a 66 estudiantes que cursan desde 2do año de básica hasta 6to año de básica”. (GAD de Guadalupe, 2009-2014, p.64).

#### **6.1.3 Servicios básicos**

El barrió San Antonio cuanta con acceso a servicios de telecomunicaciones, energía eléctrica, redes viales y de transporte. Cabe mencionar que en la zona no existe la cobertura del alcantarillado, ocasionando la contaminación del suelo y agua por el vertido de aguas residuales. (PDOT G, 2009-2014, p.94).

#### **6.1.4 Actividades Productivas**

El barrio San Antonio se caracteriza por tener en su mayoría, sistemas de producción agrícolas y pecuarias de subsistencia, es decir una agricultura que se encuentra en producir únicamente para el autoconsumo familiar más bien que para la venta local como regional, cabe mencionar que en la zona

los cultivos con mayor impulso son: café, plátano, yuca, guineo y hortalizas. En la producción pecuaria, la explotación de animales mayores (ganado bovino), es la que representa mayor ingreso de la familia ganadera o dedicadas a esta actividad productiva, enfocadas principalmente a la comercialización de leche sin procesar, queso y quesillo. (GAD de la Parroquia de Guadalupe 2009-2014, p.86).

### **6.1.5 Explotación Aurífera**

La actividad minera en la parroquia Guadalupe, se determina por ser de tipo metálico, no metálico y de explotación de materiales de construcción, de los cuales el primero es explotado de manera artesanal, siendo de carácter familiar o asociativo, desarrollándose por varios años, teniendo consecuencias y efectos ambientales, por las características de este tipo de explotación.

En el sector de Guadalupe y San Antonio existe este tipo de explotación minera de manera particular, así como también en las playas de la cuenca del Río Yacuambi en la que se explota material de construcción, existiendo canteras y áreas con concesión minera (100 concesiones), que se encuentran en parte del territorio parroquial. (GAD de la Parroquia de Guadalupe 2009-2014, p.45).

### **6.1.6 Entrevista**

Con respecto a la información adquirida en la entrevista realizada al señor Milton Ochoa propietario de la concesión minera "San Antonio" menciona que en el barrio

San Antonio la actividad minería se ha venido trabajando en dos tipos: la minería artesanal y la pequeña minería, desde hace 25 años aproximadamente, como consecuencia de esta actividad se han suscitado problemas sociales por algunos moradores del barrio que denuncian por realizar dicha actividad a las

riveras del Rio Yacuambi sin ningún permiso otorgado por la autoridad competente.

En cuanto al tipo de minería que se ha trabajado en la concesión “San Antonio” el propietario manifestó que se ha trabajado en la minería artesanal (utilización de dragas) y pequeña minería (utilización de maquinaria), cabe mencionar que para los dos tipos de minerías mencionadas anteriormente se ha hecho uso de la sustancia del mercurio con el fin de extraer y separar el oro de las rocas.

Actualmente el suelo se encuentra abandonado y no se ha aplicado ningún tipo de tratamiento para la recuperación o remediación del área utilizada para la explotación aurífera.

## 6.2 Inspección de campo



### Ficha técnica para caracterización de suelos

**Provincia:** Zamora Chinchipe

**Parroquia:** Guadalupe

**Cantón:** Zamora

**Sector:** San Antonio

### Código

			F	0	1
--	--	--	---	---	---

**Foto**

### Coordenadas UTM

X	733333
Y	9578674

**Altitud:** 867 msnm

**Condiciones climáticas:** invierno ( )

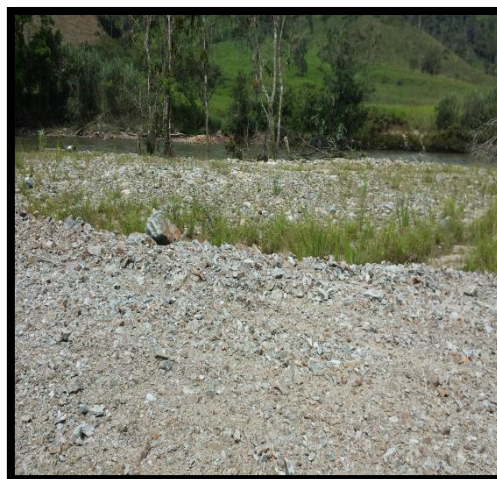
Verano (X)

**Cantidad del suelo tomado (m<sup>3</sup>):** 0.364

**Profundidad de la toma de muestra (cm):**

0 a 25cm ( )

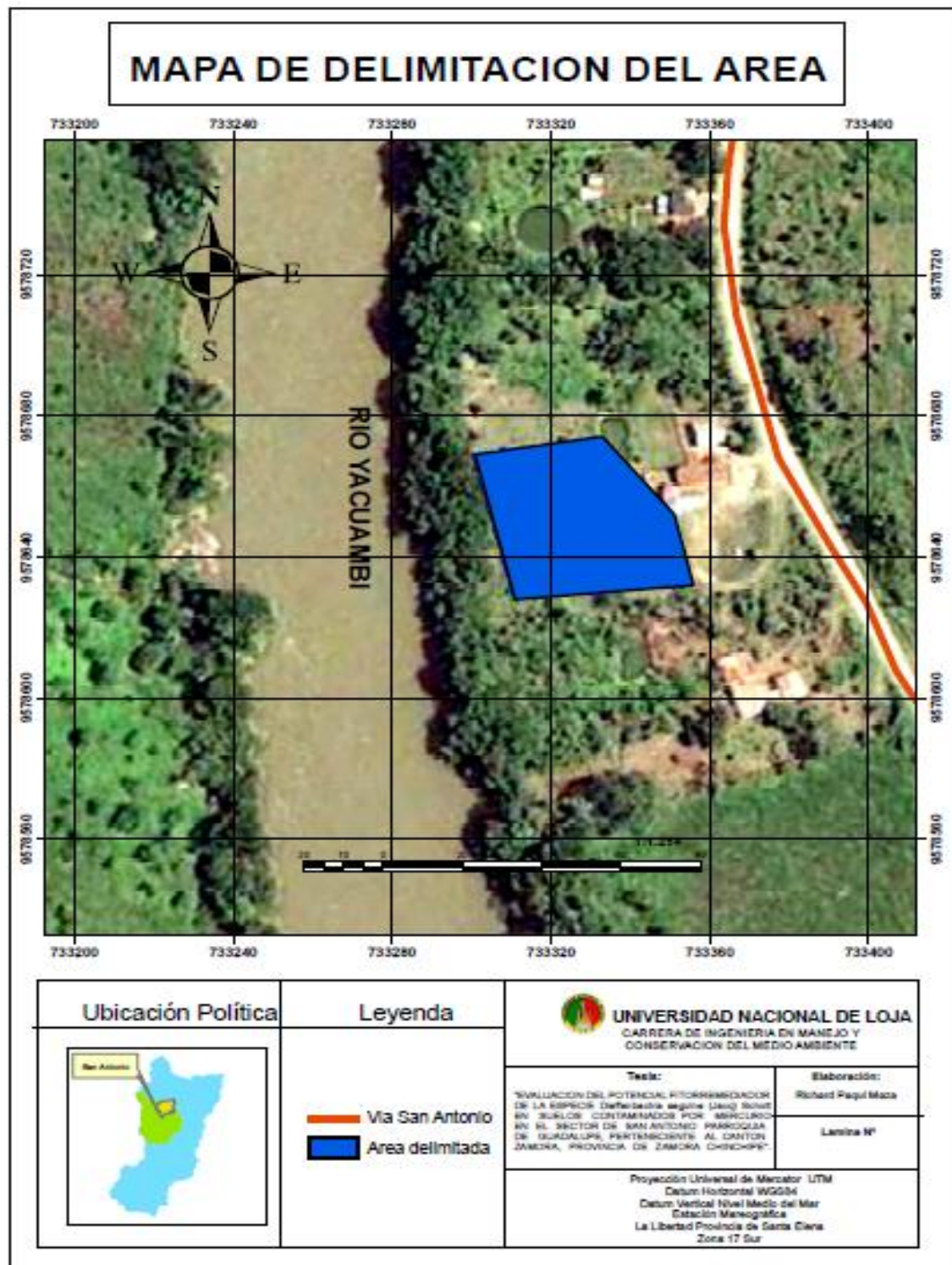
26 a 50cm (X)



### Descripción del lugar:

En el barrio San Antonio, se encuentra el terreno del Señor Milton Ochoa el cual se halla cerca a las riveras del Rio Yacuambi, donde hace un tiempo atrás se realizó la actividad minera (minería artesanal y pequeña minería) removiendo el suelo para la extracción del oro; actualmente el suelo se encuentra abandonado y cuenta con poca cobertura vegetal en su superficie.

### 6.3 Delimitación del área a muestrear



**Mapa1.** Delimitación del área

## 6.4 Interpretación y análisis de los resultados iniciales y finales

**Cuadro 1.** Resultados iniciales del análisis de suelo por la actividad minera

MUESTRAS DE SUELO					Acuerdo Ministerial 028 Tabla 1. Criterios de calidad del suelo
Numero de muestras	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	
Código de muestra	M01	M02	M03	T01(Testigo)	
PARAMETROS ANALIZADOS					
Mercurio (mg/kg)	69	70	52	82	0.1
Ph	7.9	7.9	8.0	8.0	6 a 8
Conductividad (uS/cm)	54	54	51,2	55,8	200
Materia Orgánica (%)	0.6	0.6	0.6	0.9	
Textura	Arenosa	Arenosa	Arenosa	Arenosa	

Fuente: Laboratorio Gruntec 2016

**Cuadro 2.** Resultados finales del análisis de suelo por la actividad minera

MUESTRAS DE SUELO					Acuerdo Ministerial 028 Tabla 2. Criterios de remediación
Numero de muestras	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Testigo 4	
Código de muestra	M01	M02	M03	T01	
PARÁMETROS ANALIZADOS					
Mercurio (mg/kg)	11,9	7,889	7,270	11,0	0.8
pH	7,34	7,52	7,56	6,98	6 a 8
Conductividad (uS/mm)	143,2	199,7	145,3	133,4	200
Materia Orgánica (%)	1,61	1,65	1,45	1,80	
Textura	Areno-Franca	Areno-Franca	Franca	Areno-Franca	

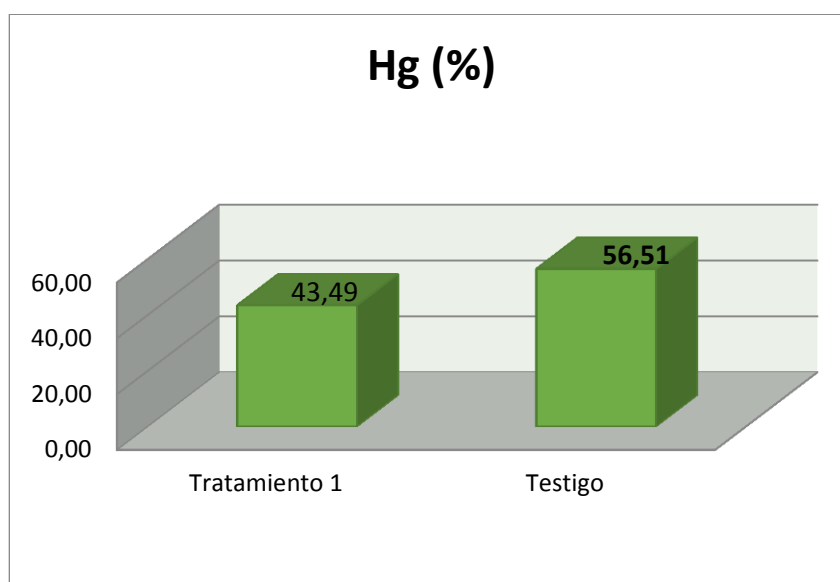
Fuente: Laboratorio AGQ

**Cuadro 3.** Matriz del resultado consolidado

Parámetros	Tratamiento 1 (M01-M02-M03)		Mejoramiento o disminución	Testigo (T01)		Mejoramiento o disminución
	Inicial	Final		Inicial	Final	
Mercurio (mg/kg)	63,66	9,01	43.49	82	11	56.50
pH	7,93	7,47	0,46	8	6,98	1,02
Conductividad (us/mm)	53,06	162,73	58,56	55,8	133,4	41,34
Materia Orgánica (%)	0,6	1,57	0,97	0,9	1,8	0,9

Elaborado por el autor

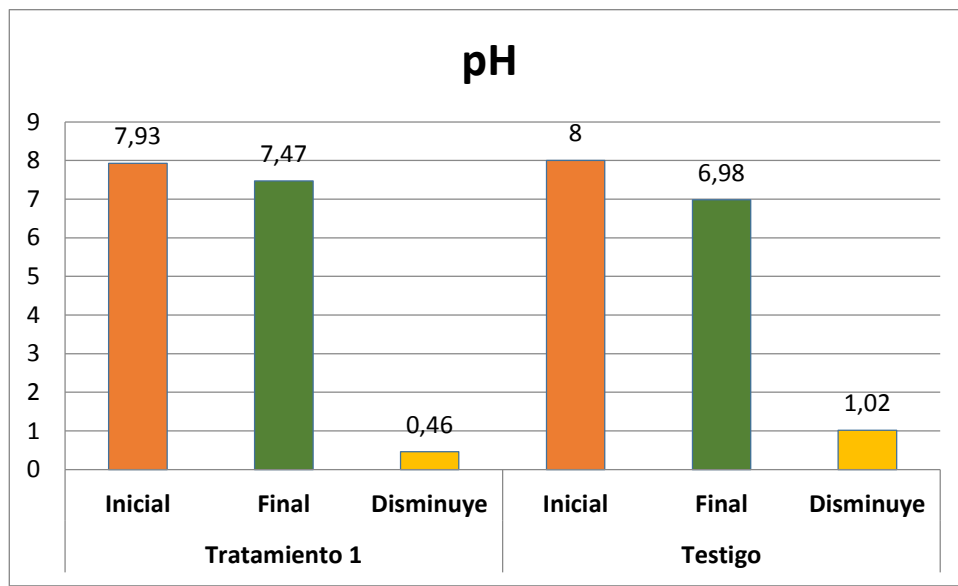
#### 6.4.1 Mercurio

**Figura 3.** Disminución del mercurio en el tratamiento

El valor más alto de remoción de mercurio se presenta en la muestra testigo con el 56,51%, mientras el tratamiento 1 presenta 43,49 %, encontrándose por debajo de la muestra testigo.



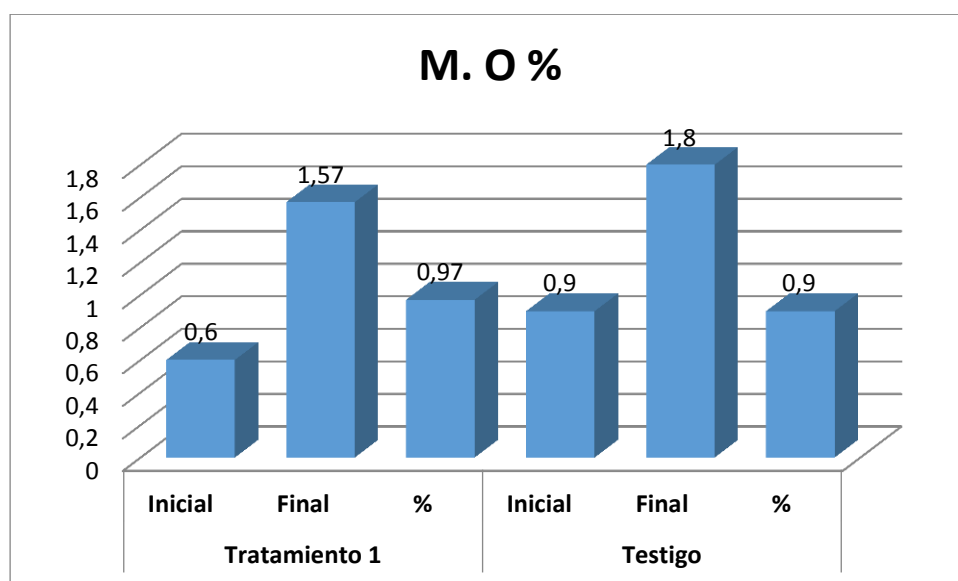
#### 6.4.2 Potencial de Hidrogeno (pH)



**Figura 4.** Resultado del potencial de hidrogeno

En el tratamiento 1 el pH disminuyó 0,46 encontrándose en la denominación de ligeramente ácido, mientras que la muestra testigo disminuyó 1,02, y se encontró en la denominación de un suelo neutro.

#### 6.4.3 Materia Orgánica

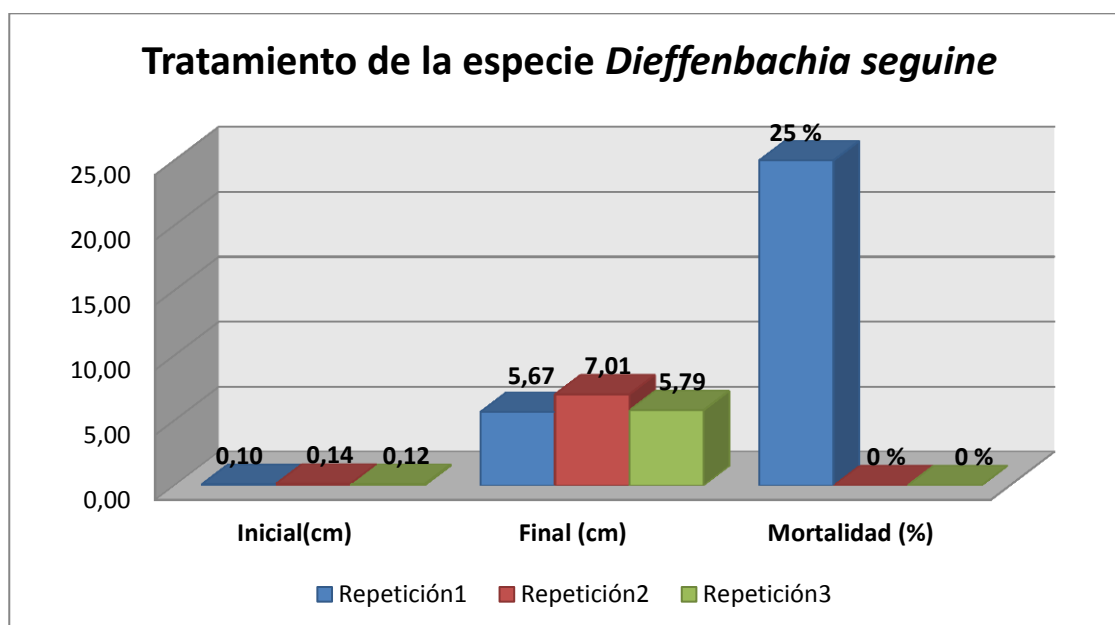


**Figura 5.** Resultado de materia orgánica

En el tratamiento 1, hubo un incremento significativo de materia orgánica de 0,97 %, mientras que la testigo presenta el resultado bajo con 0,9% de materia orgánica.

#### 6.4.4 Características morfológicas de la especie

En los siguientes gráficos se representan los resultados de la altura y mortalidad de las plantas de cada una de las repeticiones, a continuación se detalla en la siguiente figura.



**Figura 6.** Índice de crecimiento y mortalidad de la especie *Dieffenbachia seguine*

De acuerdo al gráfico 1, se puede observar que el mayor índice de crecimiento durante el monitoreo del experimento se dio en la repetición 2 y 3, con los promedios de 6,87 cm y 5,67 cm de altura. Sin embargo en la repetición 1 el crecimiento fue menor con una altura de 5,57 cm, además en esta repetición el índice de mortalidad es de 25 %, siendo mayor en el tratamiento ya que en las demás repeticiones no existió mortalidad.

## 6.5 Desarrollo del método estadístico Chi-Cuadrado o X<sup>2</sup>

De acuerdo al cuadro 2. De los resultados finales de la investigación se obtuvo la tabla de frecuencias observadas en los tratamientos, mediante la suma de los resultados tanto filas, como de columnas.

**Cuadro 4.** Frecuencias observadas en los tratamientos

Tratamiento de la especie <i>Dieffenbachia seguine</i>				
Parámetros	R1	R2	R3	Suma Total
Ph	7,34	7,52	7,56	22,42
Conductividad (uS/mm)	143,2	199,7	133,4	476,3
Mercurio (mg/kg)	11,9	7,889	7,270	27,059
Materia Orgánica (%)	1,61	1,65	1,45	4,71
<b>Suma Total</b>	164,05	216,759	149,68	530,489

Con los datos del cuadro 2. Se aplicó la siguiente fórmula para calcular los valores de la frecuencia esperadas.

$$Fe = (\Sigma c. * \Sigma f.) / \Sigma \text{ total}$$

**Dónde:**

**Fe** = Frecuencia esperada.

**$\Sigma c.$**  = Sumatoria total de cada columna.

**$\Sigma f.$**  = Sumatoria de cada fila.

**$\Sigma \text{total}$**  = Sumatoria total de los valores de la tabla

Aplicada la fórmula para cada uno de los parámetros y repeticiones del tratamiento de la especie *Dieffenbachia seguine*, se obtuvo las frecuencias

esperadas de los resultados del análisis del suelo, como se detalla a continuación.

**Cuadro 5.** *Tabla de contingencia para frecuencias esperadas*

Parámetro	R1	R2	R3
Ph	6,9332	9,1609	6,3259
Conductividad (uS/mm)	147,2924	194,6173	134,3903
Mercurio (mg/kg)	8,3678	11,0564	7,6348
Materia Orgánica (%)	1,4565	1,9245	1,3289

Con los datos obtenidos de las frecuencias observadas y frecuencias esperadas, se procedió a realizar el método estadístico del Chi-cuadrado ( $X^2$ ) basándose en la siguiente fórmula:

$$X^2 = \sum \frac{(f_o - f_e)^2}{f_e}$$

**Dónde:**

**X<sup>2</sup>:** Chi cuadrado

**f<sub>o</sub>:** frecuencia del valor observado

**f<sub>e</sub>:** frecuencia del valor esperado

### 6.5.1 Calculando el Chi cuadrado ( $X^2$ )

Después de haber realizado el procedimiento adecuado, se obtuvo como resultado el siguiente valor de Chi cuadrado (**X<sup>2</sup>= 3,2944**), como se puede observar en el siguiente cuadro que se presenta a continuación.

**Cuadro 6. Calculo del Chi cuadrado o X2**

Parámetro	Tratamiento	FO	Fe	X2
Ph	R1	7,34	6,9332	0,0239
	R2	7,52	9,1609	0,2939
	R3	7,56	6,3259	0,2408
Conductividad (uS/mm)	R1	143,2	147,2924	0,1137
	R2	199,7	194,6193	0,1326
	R3	133,4	134,3903	0,0073
Mercurio (mg/kg)	R1	11,9	8,3678	1,4910
	R2	7,889	11,0564	0,9074
	R3	7,270	7,6348	0,0174
Materia Orgánica (%)	R1	1,61	1,4565	0,0162
	R2	1,65	1,9245	0,0392
	R3	1,45	1,3289	0,0110
				<b>3,2944</b>

**6.5.2 Determinamos el porcentaje de error (P) y el grado de libertad****(v)****Se determinó el valor del porcentaje de error (P)**

$$P = (1 - 0,05)$$

$$P = 0,95 \%$$

**Se determinó el grado de libertad (v)**

$$V = (\text{Cantidad de filas} - 1) (\text{Cantidad de columnas} - 1)$$

$$V = (3 - 1) (4 - 1)$$

$$V = 2 * 3 \quad \mathbf{V = 6}$$

**6.5.3 Obtención del valor crítico (vc)**

El valor crítico se lo obtuvo de la tabla de valores críticos de la distribución

Chi cuadrado (X2), obteniendo el valor de: **Vc=12,592**

**Comparación del Chi cuadrado( $X^2$ ) calculado y valor crítico (vc)**

Chi cuadrado Calculado	( $\leq$ )	vc
3,2944		12,592

Si el Chi cuadrado calculado es menor o igual que el valor crítico entonces se acepta la hipótesis nula, caso contrario se la rechaza. El Chi cuadrado calculado es de 3, 2944 es menor que el valor crítico 12,592, esto quiere decir que se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis de investigación: la descontaminación de suelos por mercurio, depende del potencial fitorremedeador de la especie a utilizar.

## 7 DISCUSIÓN

### **Mercurio**

Mediante el análisis inicial del laboratorio se determinó la cantidad de 63.66 mg/kg. Luego de la aplicación del ensayo, se determinó 9,01 mg/kg en el tratamiento 1, presentando un porcentaje de mejoramiento en un 43,49 %; mientras que en la muestra testigo presento un resultado de 71 mg/kg, mejorando en un 56.50 %. En base a los resultados obtenidos el testigo presenta mejor remediación de mercurio que el tratamiento 1, posiblemente debido a la cantidad de materia orgánica presente en la muestra final de 1,8%, esto probablemente ayudo a que el mercurio se haya removido ya que Armijos (2014) establece que el mercurio es degradado por microorganismos o se oxida, el detil mercurio, que solamente se forma químicamente (metilación química) escapando a la atmosfera, de modo similar menciona Sánchez (2013) ya que el metal puede seguir cuatro vías diferentes, una de ellas es que puede pasar a la atmosfera por medio de la volatilización, según Suárez et al.(2013) la elevada volatilidad, se incrementa por aumento de la temperatura.

### **Materia Orgánica**

Mediante el análisis inicial del laboratorio se determinó un porcentaje del 0,6 %, luego de la aplicación del ensayo, se determinó un porcentaje de 1,57% en el tratamiento 1, obteniendo un mejoramiento de 0,97%; mientras que en la testigo en el análisis inicial se determinó un porcentaje de 0,9%, y en el análisis final 1,8% aumentando en un 0,9%. De acuerdo a los resultados obtenidos, el tratamiento 1 tuvo mayor aumento de materia orgánica, posiblemente se debe a

la especie vegetal *Dieffenbachia seguine* que tuvo el porcentaje de 8.33%, de mortalidad, probablemente esto influyó para que la materia orgánica tienda a subir, por motivo que las hojas secas se situaron en el suelo donde se descompusieron aumentando de esta manera la materia orgánica, según menciona Corbella y Fernández, (S.f) los tejidos de las plantas verdes están constituidas en su mayor parte por agua, el contenido de humedad varía de 60 a 90%. Si estos tejidos se secan, tendremos al menos 90 a 95% de carbono, oxígeno e hidrógeno, obteniendo de esta manera compuestos orgánicos provenientes de restos de organismo de la planta.

Además el Manual de técnicas de análisis de suelos (s.f) el aumento de materia orgánica, se debe, que en el suelo se encuentran cientos de especies, como también residuos vegetales y animales en diferentes estados de descomposición de sus tejidos y células de organismos, lo cual menciona Armijos (2014) que la rápida descomposición de la materia orgánica produce una gran población microbiana, y a su vez menciona García (s.f), donde establece que los microorganismos permanecen adheridas a las raíces de las plantas que le suministran sustancias orgánicas que le sirven de alimento y ante todo las partículas toleran el pH ácido o neutro.

## **pH**

Mediante el análisis inicial del laboratorio se determinó un valor de 7,93 luego de la aplicación del ensayo, se determinó un valor de 7,47 en el tratamiento 1, disminuyendo en un 0,46; mientras que en el testigo en el análisis inicial se determinó un valor de 8 y el análisis final de 6,98 reduciendo el 1,02. En base a los resultados obtenidos, la muestra testigo presenta mayor disminución esto



posiblemente se debe, a medida que las plantas crecen y se descomponen, la materia orgánica que regresa al suelo, influye el desarrollo de bacterias y, sucesivamente, el pH del suelo baja; como lo ratifica WikiHow, (S.f), la materia orgánica gradualmente reduce el pH del suelo debido a la descomposición de la materia orgánica, ocasionando el desarrollo de las bacterias y microbios que se alimentan de ella, creando subproductos ácidos.

## 8 CONCLUSIONES

El suelo del área de investigación se encuentra altamente contaminado por mercurio con un promedio de 63,66 mg/kg en el tratamiento 1 y 82 mg/kg en la testigo, estos valores superan los límites máximos permisibles de la tabla 1 criterios de calidad establecidos en el Acuerdo Ministerial 028.

La muestra testigo tuvo el 86,59% de mejoramiento, mostrando mejor descontaminación que la especie *Dieffenbachia seguine* (Jacq.) Schott., concluyendo de esta manera que la remediación por atenuación natural que presenta la muestra testigo es el mejor tratamiento.

La muestra testigo disminuyó el 1,02 de pH del suelo siendo mejor que el tratamiento 1, ya que este solamente bajo el 0,46; sin embargo el tratamiento 1 y la muestra testigo se encuentran dentro de los límites máximos permisibles que establece el Acuerdo Ministerial 028.

El tratamiento 1, de la especie vegetal *Dieffenbachia seguine* presentó mayor incremento de materia orgánica con el porcentaje de 0,97 %, superando a la muestra testigo ya que mostró un porcentaje de 0,9% de materia orgánica.

La conductividad eléctrica aumentó en un 58,59 %, en el tratamiento 1, mientras que en la muestra testigo aumentó el 41,34%, aunque existe una diferencia de 17,25 %, estos resultados se encuentran dentro de los límites máximos permisibles del acuerdo ministerial 028.

## 9 RECOMENDACIONES

Se debería realizar nuevas investigación con la especie *Dieffenbachia seguine*, implementado diferentes dosis y estableciendo tiempos de exposición prolongados, con el propósito de establecer el nivel de tolerancia y su potencial fitorremediador.

Realizar investigaciones donde se añada nuevos parámetros, como el análisis foliar con el fin de conocer en qué parte de la planta se encuentra acumulado el mayor porcentaje de mercurio.

La Autoridad Ambiental Competente y la Agencia de Regulación y Control Minero deberían inspeccionar seguidamente las áreas mineras legales e ilegales con el propósito de cumplir con lo establecido en sus reglamentos.

Las empresas mineras que se dedican a la extracción aurífera deben ser conscientes en sus actividades diarias empleando valores ambientales con el propósito de eliminar o disminuir aquellas acciones negativas que deterioran el suelo y el entorno.

## 10 BIBLIOGRAFIA

Armijos Valarezo, J. V. (2014). *EVALUACIÓN DE LA FERTILIDAD Y REMEDIACIÓN DE SUELOS MEDIANTE LA TECNICA DE BIOPILAS EN UNA ZONA INTERVENIDA POR PEQUEÑA MINERÍA EN EL BARRIO SAN ANTONIO PARROQUIA GUADALUPE*. Post-Grado, UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA , INGENIERÍA EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE, ZAMORA-ECUADOR .

Asamblea Constituyente . (2008). *Constitución del Ecuador* . Montecristi.

Bonilla Valencia , S. M. (2013). *ESTUDIO PARA TRATAMIENTO DE BIORREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON PLOMO, UTILIZANDO EL METODO DE FITORREMEDIACIÓN*. Tesis previa a la obtencion del titulo de Ingeniero Ambiental, UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA , Ingeniería Ambiental , Quito-Pichincha.

Cifuentes Osorio , G. R. (2006). *Estudio de la materia orgánica presente en los suelos de la vereda de la hoya- tunja*. Tesis , Universidad Industrial de Santander , Facultad de Ciencias , Bucaramanga.

Corbella, R., & Fernández de Ullivarri, J. (S.f). *Materia Orgánica del Suelo* . Tucumán-Argentina.

Dieffenbachia segine. (2015, 02 18). *Wikipedia La enciclopedia libre*. Recuperado el 11 2016, 29, de Dieffenbachia seguine: [https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Dieffenbachia\\_segine&oldid=80114118](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Dieffenbachia_segine&oldid=80114118).

Ecologistas en acción . (2005). *Objetivo:Mercurio cero-Ecologistas en acción* .

Obtenido de Ecologista en acción :

<http://www.ecologistasenaccion.org/article17385.html>

Energía Renovable . (2013). *Que es la Biorremediacion- Energía renovable* .

Recuperado el 05 25, 2016, de Que es la biorremediacion :

<http://www.energiayrenovable.es/%C2%BFque-es-la-biorremediacion/>

Escorza Nuñez , J. G. (2007). *"Estudio de inóculos bacterianos como*

*biorremediadores de suelos contaminados por petróleo"*. Tesis de Grado,

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo , Facultad de Ciencias ,

Riobamba-Ecuador.

Galán Huertos , E., & Romero Baena, A. (2008, 11 10). *Macla10\_48.pdf*. Obtenido

de Contaminación de suelos por metales pesados:

[http://www.ehu.eus/sem/macla\\_pdf/macla10/Macla10\\_48.pdf](http://www.ehu.eus/sem/macla_pdf/macla10/Macla10_48.pdf)

Gaona Martínez, X. (2004). *El mercurio como contaminante global*. Tesis

Doctoral, Universitat Autònoma de Barcelona , Barcelona.

GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO PARROQUIAL DE

GUADALUPE. (s.f.). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial* .

Jaramillo Jumbo , M. d., & Flores Campoverde, E. D. (2012). *Fitorremediación*

*mediante el uso de dos especies vegetales Lemna minor( Lenteja de agua)*

*y Eichornia crassipes (Jacinto de agua) en aguas residuales producto de la*

*minera*. Tesis para la obtención del título de Ingeniero Ambiental ,

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA , Ingeniería

Ambiental, Cuenca.

MINISTERIO DE AGRICULTURA. (2007). *CARACTERIZACION Y EVALUACION DE LA SALINIDAD* . Cuba.

Ministerio de Trabajo y Empleo . (2005). *Codigo de trabajo* . Quito.

MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL ECUADOR . (2015). *ACUERDO MINISTERIAL No. 028*. Quito-Ecuador : LEXIS.

Montalvo, C. F. (2013, Mayo). EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN DEL SUELO EN LA PRODUCTIVIDAD DE CINCO SECTORES AGRÍCOLAS DE LA PARROQUIA DE TUMBACO. *Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar el Título de Ingeniero Ambiental Grado Académico de Tercer Nivel*. Quito, Pichincha, Ecuador.

Navarro, A., Mendoza, J., & Doménech, L. (s.f.). *05-Geoquímica ambiental*. Obtenido de MOVILIZACION DEL Hg EN SUELOS CONTAMINADOS POR ACTIVIDADES MINERAS:  
<http://ingenierosdeminas.org/documentos/05-Geoquimica%20ambiental-1.pdf>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2016). *Definiciones- FAO- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Obtenido de Suelos de I FAO:  
<http://www.fao.org/soils-portal/about/definiciones/es/>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2016). *Propiedades Biológicas-FAO-Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Obtenido de Portal del suelo de la FAO : <http://www.fao.org/soils-portal/levantamiento-de-suelos/propiedades-del-suelo/propiedades-biologicas/es/>

- Pineda Hernández , R. (2004). *Presencia de hongos micorrizicos arbusculares y contribución de Glomus intraradices en la absorcion y translocación de cinc y cobre en girasol (Helianthus annuusL.) crecido en un suelo contaminado con residuo de mina* . Tecomán-Colima.
- Rucks, L., García, F., Kaplán, A., Ponce de León , J., & Hill, M. (2004). *Propiedades Físicas del Suelo*. Universidad de la República Facultad de Agronomía, Departamento de suelos y aguas, Montevideo-Uruguay.
- Sánchez Bascones, I. (2003). *Determinación de metales pesados en suelos de Mediana del Campo(Valladolid): contenidos extraíbles, niveles fondo y de referencia*. Tesis Doctoral , UNIVERSIDAD DE VALLADOLID , Valladolid .
- Sanclemente, O. E. (2011). *Propiedaddes Químicas del Suelo (Intercambio Ionico, Acidez-Alcalinidad)*. Obtenido de Universidad Naacional Abierta y a Distancia:  
[http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358013/ContenidoEnLinea/leccin\\_9\\_propiedades\\_qumicas\\_del\\_suelo\\_intercambio\\_ionico\\_acidez\\_\\_alcalinidad.html](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358013/ContenidoEnLinea/leccin_9_propiedades_qumicas_del_suelo_intercambio_ionico_acidez__alcalinidad.html)
- Sierra Aragón, M. (2005). *Niveles de metales pesados y elementos asociados en suelos de la provincia de almería. Parámetros que los afectan y riesgo de contamanación*. Tesis doctoral, Universidad de Granada -Dpto. Edafología y Química Agrícola, Granada.
- Sierra Villagrama, R. (2006). *Fitorremediación de un Suelo Contaminado con Plomo por Actividad Industrial*. Tesis , Buenavista, Saltillo, Coahuila, Mexico.

- Suárez, C., Manero, L., Sierra, M. J., Rodríguez, J., & Millán, R. (2013). *Huerta del Rey: Caracterización Edáfica de una Zona Histórica de la Minería del Mercurio y Estudio de la Transferencia del Mercurio a Platago Major*. Departamento de Medio Ambiente. España: CIEMAT.
- Toledo Morán, B. K. (2009). *Aplicación de Procesos Biológicos como medida Remediación para recuperar suelos Limo-Arcillosos contaminados con Gasolina*. Tesis de Grado, Guayaquil-Ecuador.
- Vikidia. (2010, 05 22). *Vikidia*. Recuperado el 11 27, 2015, de [https://es.wikidia.org/wiki/Mercurio\\_\(elemento\\_qu%C3%ADmico\)](https://es.wikidia.org/wiki/Mercurio_(elemento_qu%C3%ADmico))
- WikiHow. (S.f). *Como bajar el pH del suelo 16 pasos*. Recuperado el 12 04, 2016, de Como bajar el ph del suelo: <http://es.wikihow.com/bajar-el-pH-del-suelo>



# 11 ANEXOS

## Anexo 1. Entrevista



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

AREA AGROPECUARIA DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

CARRERA: Ingeniera en Manejo y Conservación del Medio Ambiente

**Provincia:**..... **Parroquia:**.....

**Cantón:**..... **Sector:**.....

Preguntas de cuestionamiento

1. ¿Desde cuándo se viene desarrollando la minería en este sector?

.....  
.....

2. ¿Cuáles son los principales problemas que se han suscitado por causa de la minería en el sector?

.....  
.....

3. ¿Qué tipo de minería se trabajado en la localidad?

.....  
.....

4. Sabe usted de algún tipo de sustancias toxica utilizado en el proceso de extracción minera?

.....  
.....

5. El terreno de su propiedad ha sido sometido a algún tipo de minería. cuál?

.....  
.....

6. ¿Conto Ud. Con alguna medida remediadoras en los terrenos de su propiedad?

.....  
.....

7. ¿Cuál es el uso actual de su terreno?

.....  
.....  
.....

8. ¿Existen lugares contaminados en su terreno?

.....  
.....

## ANEXO 2. Ficha técnica para la caracterización de suelos



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

AREA AGROPECUARIA DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

CARRERA: Ingeniera en Manejo y Conservación del Medio Ambiente

### Ficha técnica para caracterización de suelos

Provincia:.....

Parroquia:..... Cantón:.....

Sector:.....

Código:

--	--	--	--	--	--

Coordenadas UTM:

X	
Y	

Altitud:.....

Condiciones climáticas: Invierno ( )

Verano ( )

Cantidad de la muestra tomada (gr): .....

Profundidad de la toma de muestra (cm):

0 a 25cm ( )

26 a 50cm ( )

Descripción del lugar

.....

.....

.....

Foto:

--

**ANEXO 3.** Etiquetado de la muestra

**DATOS DE LA MUESTRA**


CÓDIGO  FECHA:

CANTIDAD DE SUELO:

HORA DE RECOLECCION:

RESPONSABLE:

## ANEXO 5. Matriz de Monitoreo

 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA</b> <b>AREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES</b> CARRERA DE INGENIERIA EN MANEJO Y CONSERVACION DEL MEDIO AMBIENTE																
Registro de la evaluación de la planta <i>Dieffenbachia seguine</i> en el primer mes																
REPETICION 1	PRIMERA SEMANA				SEGUNDA SEMANA				TERCERA SEMANA				CUARTA SEMANA			
	altura cm	numero de hojas	Mortalidad	Nº de hojas con clorosis	altura cm	numero de hojas	Mortalidad	Nº de hojas con clorosis	altura cm	numero de hojas	Mortalidad	Nº de hojas con clorosis	altura cm	numero de hojas	Mortalidad	Nº de hojas con clorosis
DP01																
DP02																
DP03																
DP04																
DP05																
DO06																
DP07																
DP08																
REPETICION 2																
DP01																
DP02																
DP03																
DP04																
DP05																
DO06																
DP07																
DP08																
REPETICION 3																





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**  
**AREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**  
 CARRERA DE INGENIERIA EN MANEJO Y CONSERVACION DEL MEDIO AMBIENTE

**Registro de la evaluación de la planta *Dieffenbachia seguine* cada 15 días durante 3 mes**

REPETICIO N 1	Mayo				Junio				Julio				Agosto							
	2				1				1				2							
	altura cm	numero de hojas	Mortalidad	Nº de hojas con clorosis	altura cm	numero de hojas	Mortalidad	Nº de hojas con clorosis	altura cm	numero de hojas	Mortalidad	Nº de hojas con clorosis	altura cm	numero de hojas	Mortalidad	Nº de hojas con clorosis	altura cm	numero de hojas	Mortalidad	Nº de hojas con clorosis
DP01																				
DP02																				
DP03																				
DP04																				
DP05																				
DO06																				
DP07																				





**ANEXO 6.** Etiquetado de la muestra

**DATOS DE LA MUESTRA**

CÓDIGO  FECHA:

CANTIDAD DE SUELO:

HORA DE RECOLECCION:

RESPONSABLE:

## Anexo 8. Resultado de Laboratorio



## REPORTE DE ANÁLISIS

**Cliente:** Ing. Richard Bladimir Paqui Maza  
Chapintza  
Telf:0959992058

**Atn:** Ing. Richard Bladimir Paqui Maza

**Proyecto:** \*EVALUACIÓN DEL POTENCIAL FITORREMIADOR DE LA ESPECIE *Dieffenbachia seguine* (Jacq.) Schott EN SUELOS CONTAMINADOS POR MERCURIO, EN EL SECTOR DE SAN ANTONIO, PARROQUIA GUADALUPE, PERTENECIENTE AL CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE\*.

**Muestra Recibida:** 21-abr-16

**Tipo de Muestra:** 1 Muestra de Suelo

**Análisis Completado:** 29-abr-16

**Número reporte Gruntec:** 1604270-S005

<b>Rotulación Muestra:</b>	TO1	Método Adaptado de Referencia / Método Interno
<b>Fecha de Muestreo:</b>	17-abr-16	
<b>No. Reporte Gruntec:</b>	1604270-S005	
<b>Parámetros en Extracción Acuosa 2:1:</b>		
pH <sup>(1,2)</sup>	8,0	EPA 9045 D / MM-AG/S-01
Conductividad $\mu\text{S/cm}$ <sup>(1,2)</sup>	558	EPA 9050 A / MM-AG/S-02
<b>Parámetros Generales en Suelos:</b>		
Textura *	Arenosa	Método Interno
<b>Metales en peso seco:</b>		
Mercurio mg/kg <sup>(1,2)</sup>	82	EPA 6020 A / MM-AG/S-39
<b>Parámetros Orgánicos en peso seco:</b>		
Materia Orgánica % *	0.9	HACH 8097

**Registros y Acreditaciones:**

<sup>(1)</sup> Acreditación No. OAE LE 2C 05-008

<sup>(2)</sup> Registro SA / MDMQ No. LEA-R-005

Los ensayos marcados con (\*) no están dentro del alcance de acreditación del SAE

INCERTIDUMBRE (U) para pH = 0.2 unidades

INCERTIDUMBRE (U):

Metales en sólidos = 0.30; Conductividad en sólidos = 0.11; Humedad = 0.05

Cálculo:  $C \pm U \times C$  en donde: C=valor medido; U= incertidumbre.

Ing. Isabel Estrella

**Gerente de Operaciones**

Nota 1: Estos análisis, opiniones y/o interpretaciones están basados en el material e información provistos por el cliente para quien se ha realizado este reporte en forma exclusiva y confidencial.

Nota 2: La toma de muestras fue realizada directamente por el cliente.

Nota 3: El cliente puede solicitar la fecha de análisis de los parámetros en caso de requerirlo.

Página 5 de 8



## REPORTE DE ANÁLISIS

**Cliente:** Ing. Richard Bladimir Paqui Maza

Chapintza  
Telf: 0959992058

**Atn:** Ing. Richard Bladimir Paqui Maza

**Proyecto:** "EVALUACIÓN DEL POTENCIAL FITORREMIADOR DE LA ESPECIE *Dieffenbachia seguine* (Jacq.) Schott EN SUELOS CONTAMINADOS POR MERCURIO, EN EL SECTOR DE SAN ANTONIO, PARROQUIA GUADALUPE, PERTENECIENTE AL CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE".

**Muestra Recibida:** 21-abr-16

**Tipo de Muestra:** 1 Muestra de Suelo

**Análisis Completado:** 29-abr-16

**Número reporte Gruentec:** 1604270-S006

<b>Rotulación Muestra:</b>	MO1	Método Adaptado de Referencia / Método Interno
<b>Fecha de Muestreo:</b>	17-abr-16	
<b>No. Reporte Gruentec:</b>	1604270-S006	
<b>Parámetros en Extracción Acuosa 2:1:</b>		
pH <sup>(1,2)</sup>	7.9	EPA 9045 D / MM-AG/S-01
Conductividad $\mu\text{S}/\text{cm}$ <sup>(1,2)</sup>	540	EPA 9050 A / MM-AG/S-02
<b>Parámetros Generales en Suelos:</b>		
Textura *	Arenosa	Método Interno
<b>Metales en peso seco:</b>		
Mercurio $\text{mg}/\text{kg}$ <sup>(1,2)</sup>	69	EPA 6020 A / MM-AG/S-39
<b>Parámetros Orgánicos en peso seco:</b>		
Materia Orgánica % *	0.6	HACH 8097

**Registros y Acreditaciones:**

<sup>(1)</sup> Acreditación No. OAE LE 2C 05-008

<sup>(2)</sup> Registro SA / MDMQ No. LEA-R-005

Los ensayos marcados con (\*) no están dentro del alcance de acreditación del SAE

INCERTIDUMBRE (U) para pH = 0.2 unidades

INCERTIDUMBRE (U):

Metales en sólidos = 0.30; Conductividad en sólidos = 0.11; Humedad = 0.05

Cálculo:  $C \pm U \times C$  en donde: C=valor medido; U= incertidumbre.



Ing. Isabel Estrella

**Gerente de Operaciones**

Nota 1: Estos análisis, opiniones y/o interpretaciones están basados en el material e información provistos por el cliente para quien se ha realizado este reporte en forma exclusiva y confidencial.

Nota 2: La toma de muestras fue realizada directamente por el cliente.

Nota 3: El cliente puede solicitar la fecha de análisis de los parámetros en caso de requerirlo.

Página 6 de 8



## REPORTE DE ANÁLISIS

**Cliente:** Ing. Richard Bladimir Paqui Maza

Chapintza  
Telf: 0959992058

**Atn:** Ing. Richard Bladimir Paqui Maza

**Proyecto:** "EVALUACIÓN DEL POTENCIAL FITORREMIADOR DE LA ESPECIE *Dieffenbachia seguine* (Jacq.) Schott EN SUELOS CONTAMINADOS POR MERCURIO, EN EL SECTOR DE SAN ANTONIO, PARROQUIA GUADALUPE, PERTENECIENTE AL CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE".

**Muestra Recibida:** 21-abr-16

**Tipo de Muestra:** 1 Muestra de Suelo

**Análisis Completado:** 29-abr-16

**Número reporte Gruntec:** 1604270-S007

<b>Rotulación Muestra:</b>	MO2	Método Adaptado de Referencia / Método Interno
<b>Fecha de Muestreo:</b>	17-abr-16	
<b>No. Reporte Gruntec:</b>	1604270-S007	
<b>Parámetros en Extracción Acuosa 2:1:</b>		
pH <sup>(1,2)</sup>	7.9	EPA 9045 D / MM-AG/S-01
Conductividad $\mu\text{S/cm}$ <sup>(1,2)</sup>	540	EPA 9050 A / MM-AG/S-02
<b>Parámetros Generales en Suelos:</b>		
Textura *	Arenosa	Método Interno
<b>Metales en peso seco:</b>		
Mercurio mg/kg <sup>(1,2)</sup>	70	EPA 6020 A / MM-AG/S-39
<b>Parámetros Orgánicos en peso seco:</b>		
Materia Orgánica % *	0.6	HACH 8097

### Registros y Acreditaciones:

<sup>(1)</sup> Acreditación No. OAE LE 2C 05-008

<sup>(2)</sup> Registro SA / MDMQ No. LEA-R-005

Los ensayos marcados con (\*) no están dentro del alcance de acreditación del SAE

INCERTIDUMBRE (U) para pH = 0.2 unidades

INCERTIDUMBRE (U):

Metales en sólidos = 0.30; Conductividad en sólidos = 0.11; Humedad = 0.05

Cálculo: C +/- UxC en donde: C=valor medido; U= incertidumbre.



Ing. Isabel Estrella

Gerente de Operaciones

Nota 1: Estos análisis, opiniones y/o interpretaciones están basados en el material e información provistos por el cliente para quien se ha realizado este reporte en forma exclusiva y confidencial.

Nota 2: La toma de muestras fue realizada directamente por el cliente.

Nota 3: El cliente puede solicitar la fecha de análisis de los parámetros en caso de requerirlo.

Página 7 de 8



### REPORTE DE ANÁLISIS

**Cliente:** Ing. Richard Bladimir Paqui Maza  
Chapintza  
Telf: 0959992058

**Atn:** Ing. Richard Bladimir Paqui Maza

**Proyecto:** "EVALUACIÓN DEL POTENCIAL FITORREMIADOR DE LA ESPECIE *Dieffenbachia seguine* (Jacq.) Schott EN SUELOS CONTAMINADOS POR MERCURIO, EN EL SECTOR DE SAN ANTONIO, PARROQUIA GUADALUPE, PERTENECIENTE AL CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE".

**Muestra Recibida:** 21-abr-16

**Tipo de Muestra:** 1 Muestra de Suelo

**Análisis Completado:** 29-abr-16

**Número reporte Gruentec:** 1604270-S008

<b>Rotulación Muestra:</b>	MO3	Método Adaptado de Referencia / Método Interno
<b>Fecha de Muestreo:</b>	17-abr-16	
<b>No. Reporte Gruentec:</b>	1604270-S008	
<b>Parámetros en Extracción Acuosa 2:1:</b>		
pH <sup>(1,2)</sup>	8.0	EPA 9045 D / MM-AG/S-01
Conductividad $\mu\text{S/cm}$ <sup>(1,2)</sup>	512	EPA 9050 A / MM-AG/S-02
<b>Parámetros Generales en Suelos:</b>		
Textura *	Arenosa	Método Interno
<b>Metales en peso seco:</b>		
Mercurio mg/kg <sup>(1,2)</sup>	52	EPA 6020 A / MM-AG/S-39
<b>Parámetros Orgánicos en peso seco:</b>		
Materia Orgánica % *	0.6	HACH 8097

**Registros y Acreditaciones:**

<sup>(1)</sup> Acreditación No. OAE LE 2C 05-008

<sup>(2)</sup> Registro SA / MDMQ No. LEA-R-005

Los ensayos marcados con (\*) no están dentro del alcance de acreditación del SAE  
INCERTIDUMBRE (U) para pH = 0.2 unidades

INCERTIDUMBRE (U):

Metales en sólidos = 0.30; Conductividad en sólidos = 0.11; Humedad = 0.05

Cálculo: C +/- UxC en donde: C=valor medido; U= incertidumbre.



Ing. Isabel Estrella

**Gerente de Operaciones**

Nota 1: Estos análisis, opiniones y/o interpretaciones están basados en el material e información provistos por el cliente para quien se ha realizado este reporte en forma exclusiva y confidencial.

Nota 2: La toma de muestras fue realizada directamente por el cliente.

Nota 3: El cliente puede solicitar la fecha de análisis de los parámetros en caso de requerirlo.

Página 8 de 8



## INFORME DE ENSAYO



Nº de Referencia: <b>S-16/37946</b>	Registrada en: <b>AGQ Ecuador</b>	Cliente: <b>RICHARD BLADIMIRPAQUI MAZA</b>
Análisis: <b>S-1283-PE</b>	Centro Análisis: <b>AGQ Perú</b>	Domicilio: <b>ZAMORA, BARRIO PIO JARAMILLOALVARADO</b>
Tipo Muestra: <b>SUELO AGRICOLA</b>	Fecha Recepción: <b>07/09/2016</b>	Contrato: <b>PRE-EC16-00361</b>
Fecha Inicio: <b>13/09/2016</b>	Fecha Fin: <b>03/10/2016</b>	Cliente 3º: <b>----</b>
Descripción: <b>CODIGO T01</b>		

Fecha/Hora Muestreo:	<b>05/09/2016</b>	Muestreado por:	<b>Cliente</b>
----------------------	-------------------	-----------------	----------------

A continuación se exponen el Informe de Ensayo y Anexo Técnico asociados a la muestra, en los cuales se pueden consultar toda la información relacionada con los ensayos realizados.

Los Resultados emitidos en este informe, no han sido corregidos con factores de recuperación. Siguiendo el protocolo recogido en nuestro manual de calidad, AGQ guardará bajo condiciones controladas la muestra durante un periodo determinado después de la finalización del análisis. Una vez transcurrido este periodo, la muestra será eliminada. Si desea información adicional o cualquier aclaración, no dude en ponerse en contacto con nosotros.

Yoel Iñigo CQP 826  
Resp. Lab. Inorgánico

FECHA EMISIÓN: 03/10/2016

#### OBSERVACIONES:

Muestra de suelo agrícola T01 Proyecto: Evaluación del potencial Fitorremediador de la Especie Dieffenbachia Seguine en suelos contaminados por mercurio en el Barrio San Antonio Parroquia Guadalupe, Canton Zamora.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como un certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

**AGQ PERU, S.A.C.**

Av. Santa Rosa 511 La Perla - Callao Lima. PERU

T: (511) 710 27 00

F: (511) 718 30 94

operacionesperu@agq.com.pe

www.agqlabs.com

1/3



## INFORME DE ENSAYO



Nº de Referencia: S-16/37946  
 Descripción: CODIGO T01

Tipo Muestra: SUELO AGRICOLA  
 Fecha Fin: 03/10/2016

### RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
<b>Propiedades Físicas - Granulometría</b>				
* Arcilla	35,0	-	%	
* Arena	25,0	-	%	
* Granulometría	Franco-Arcillosa	-		
* Limo	40,0	-	%	
<b>Fertilidad</b>				
Conductividad Eléctrica (Extracto 1/1)	1.334	-	µS/cm a 20°C	
* Materia Orgánica Oxidable	1,80	-	%	
pH (Extracto 1/1)	6,98	-		
<b>Metales Totales</b>				
Mercurio Total	11,0	-	mg/kg	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están recogidas en el anexo técnico adjunto. Si aparece marca de acreditación, los parámetros marcados con asterisco (\*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como un certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

AGQ PERU, S.A.C.

Av. Santa Rosa 511 La Perla - Callao Lima, Lima, PERU

T: (511) 710 27 00

F: (511) 718 30 94

operacionesperu@agq.com.pe

www.agqlabs.com

2/3



## INFORME DE ENSAYO



Nº de Referencia: S-16/37946  
Descripción: CODIGO T01

Tipo Muestra: SUELO AGRICOLA  
Fecha Fin: 03/10/2016

### ANEXO TECNICO

Parámetro	PNT	Técnica	Ref Norma	Rango (1)
<b>Propiedades Físicas - Granulometría</b>				
* Arcilla	PEC-018	Densitometría		0,00 - 0,00 %
* Arena	PEC-018	Densitometría		0,00 - 0,00 %
* Granulometría	PEC-018	Densitometría		0,00 - 100
* Limo	PEC-018	Densitometría		0,00 - 0,00 %
<b>Fertilidad</b>				
Conductividad Eléctrica (Extracto 1/1)	PEC-002	Electrometría		70,0 - 30.000 $\mu$ S/cm a 20°C
* Materia Orgánica Oxidable	PEC-013	Volumetría		0,17 - 6,00 %
pH (Extracto 1/1)	PEC-001	Electrometría		2,00 - 12,0
<b>Metales Totales</b>				
Mercurio Total	PP-208	Espect AFS		0,001 - 10,0 mg/kg

(1) El rango mínimo se corresponde con el límite de Determinación, a partir del cual cuantificamos.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como un certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

**AGQ PERU, S.A.C.**

Av. Santa Rosa 511 La Perla - Callao Lima. PERU

T: (511) 710 27 00

F: (511) 718 30 94

operacionesperu@agq.com.pe

www.agqlabs.com

3/3





## INFORME DE ENSAYO



Nº de Referencia: <b>S-16/37947</b>	Registrada en: <b>AGQ Ecuador</b>	Cliente: <b>RICHARD BLADIMIRPAQUI MAZA</b>
Análisis: <b>S-1283-PE</b>	Centro Análisis: <b>AGQ Perú</b>	Domicilio: <b>ZAMORA, BARRIO PIO JARAMILLOALVARADO</b>
Tipo Muestra: <b>SUELO AGRICOLA</b>	Fecha Recepción: <b>07/09/2016</b>	Contrato: <b>PRE-EC16-00361</b>
Fecha Inicio: <b>13/09/2016</b>	Fecha Fin: <b>03/10/2016</b>	Cliente 3º: <b>----</b>
Descripción: <b>CODIGO M01</b>		

Fecha/Hora Muestreo: <b>05/09/2016</b>	Muestreado por: <b>Cliente</b>
--	--------------------------------

A continuación se exponen el Informe de Ensayo y Anexo Técnico asociados a la muestra, en los cuales se pueden consultar toda la información relacionada con los ensayos realizados.

Los Resultados emitidos en este informe, no han sido corregidos con factores de recuperación. Siguiendo el protocolo recogido en nuestro manual de calidad, AGQ guardará bajo condiciones controladas la muestra durante un periodo determinado después de la finalización del análisis. Una vez transcurrido este periodo, la muestra será eliminada. Si desea información adicional o cualquier aclaración, no dude en ponerse en contacto con nosotros.

Yoel Iñigo CQP 826  
Resp. Lab. Inorgánico

FECHA EMISIÓN: 03/10/2016

#### OBSERVACIONES:

Muestra de suelo agrícola M01 Proyecto: Evaluación del potencial Fitorremediador de la Especie Dieffenbachia Seguine en suelos contaminados por mercurio en el Barrio San Antonio Parroquia Guadalupe, Canton Zamora.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como un certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

**AGQ PERU, S.A.C.**

Av. Santa Rosa 511 La Perla - Callao Lima, Lima, PERU

T: (511) 710 27 00

F: (511) 718 30 94

operacionesperu@agq.com.pe

www.agqlabs.com

1/3



## INFORME DE ENSAYO



Nº de Referencia: S-16/37947  
Descripción: CODIGO M01

Tipo Muestra: SUELO AGRICOLA  
Fecha Fin: 03/10/2016

### RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
<b>Propiedades Físicas - Granulometría</b>				
* Arcilla	10,0	-	%	
* Arena	85,0	-	%	
* Granulometría	Areno Franca	-		
* Limo	5,00	-	%	
<b>Fertilidad</b>				
Conductividad Eléctrica (Extracto 1/1)	1.432	-	µS/cm a 20°C	
* Materia Orgánica Oxidable	1,61	-	%	
pH (Extracto 1/1)	7,34	-		
<b>Metales Totales</b>				
Mercurio Total	11,9	-	mg/kg	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están recogidas en el anexo técnico adjunto. Si aparece marca de acreditación, los parámetros marcados con asterisco (\*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como un certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

AGQ PERU, S.A.C.

Av. Santa Rosa 511 La Perla - Callao Lima. PERU

T: (511) 710 27 00

F: (511) 718 30 94

operacionesperu@agq.com.pe

www.agqlabs.com

2/3



## INFORME DE ENSAYO



Nº de Referencia: S-16/37947  
 Descripción: CODIGO M01

Tipo Muestra: SUELO AGRICOLA  
 Fecha Fin: 03/10/2016

### ANEXO TECNICO

Parámetro	PNT	Técnica	Ref Norma	Rango (1)
<b>Propiedades Físicas - Granulometría</b>				
* Arcilla	PEC-018	Densitometría		0,00 - 0,00 %
* Arena	PEC-018	Densitometría		0,00 - 0,00 %
* Granulometría	PEC-018	Densitometría		0,00 - 100
* Limo	PEC-018	Densitometría		0,00 - 0,00 %
<b>Fertilidad</b>				
Conductividad Eléctrica (Extracto 1/1)	PEC-002	Electrometría		70,0 - 30.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 20°C
* Materia Orgánica Oxidable	PEC-013	Volumetría		0,17 - 6,00 %
pH (Extracto 1/1)	PEC-001	Electrometría		2,00 - 12,0
<b>Metales Totales</b>				
Mercurio Total	PP-208	Espect AFS		0,001 - 10,0 mg/kg

(1) El rango mínimo se corresponde con el límite de Determinación, a partir del cual cuantificamos.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como un certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

AGQ PERU, S.A.C.

Av. Santa Rosa 511 La Perla - Callao Lima, Lima. PERU

T: (511) 710 27 00

F: (511) 718 30 94

operacionesperu@agq.com.pe

www.agqlabs.com

3/3



## INFORME DE ENSAYO



Nº de Referencia: <b>S-16/37948</b>	Registrada en: AGQ Ecuador	Cliente: RICHARD BLADIMIRPAQUI MAZA
Análisis: S-1283-PE	Centro Análisis: AGQ Perú	Domicilio: ZAMORA, BARRIO PIO JARAMILLOALVARADO
Tipo Muestra: SUELO AGRICOLA	Fecha Recepción: 07/09/2016	Contrato: PRE-EC16-00361
Fecha Inicio: 13/09/2016	Fecha Fin: 03/10/2016	Cliente 3º: ---
Descripción: CODIGO M02		

Fecha/Hora Muestreo: 05/09/2016	Muestreado por: Cliente
---------------------------------	-------------------------

A continuación se exponen el Informe de Ensayo y Anexo Técnico asociados a la muestra, en los cuales se pueden consultar toda la información relacionada con los ensayos realizados.

Los Resultados emitidos en este informe, no han sido corregidos con factores de recuperación. Siguiendo el protocolo recogido en nuestro manual de calidad, AGQ guardará bajo condiciones controladas la muestra durante un periodo determinado después de la finalización del análisis. Una vez transcurrido este periodo, la muestra será eliminada. Si desea información adicional o cualquier aclaración, no dude en ponerse en contacto con nosotros.

Yoel Iñigo CQP 826  
Resp. Lab. Inorgánico

FECHA EMISIÓN: 03/10/2016

### OBSERVACIONES:

Muestra de suelo agrícola M02 Proyecto: Evaluación del potencial Fitorremediador de la Especie Dieffenbachia Seguine en suelos contaminados por mercurio en el Barrio San Antonio Parroquia Guadalupe, Canton Zamora.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como un certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.



## INFORME DE ENSAYO



Nº de Referencia: S-16/37948  
Descripción: CODIGO M02

Tipo Muestra: SUELO AGRICOLA  
Fecha Fin: 03/10/2016

### RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
<b>Propiedades Físicas - Granulometría</b>				
* Arcilla	5,00	-	%	
* Arena	80,0	-	%	
* Granulometría	Areno Franca	-		
* Limo	15,0	-	%	
<b>Fertilidad</b>				
Conductividad Eléctrica (Extracto 1/1)	1,997	-	µS/cm a 20°C	
* Materia Orgánica Oxidable	1,65	-	%	
pH (Extracto 1/1)	7,52	-		
<b>Metales Totales</b>				
Mercurio Total	7,889	-	mg/kg	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están recogidas en el anexo técnico adjunto. Si aparece marca de acreditación, los parámetros marcados con asterisco (\*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como un certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

AGQ PERU, S.A.C.

Av. Santa Rosa 511 La Perla - Callao Lima. Lima. PERU

T: (511) 710 27 00

F: (511) 718 30 94

operacionesperu@agq.com.pe

www.agqlabs.com

2/3



## INFORME DE ENSAYO



Nº de Referencia: S-16/37948

Tipo Muestra: SUELO AGRICOLA

Descripción: CODIGO M02

Fecha Fin: 03/10/2016

### ANEXO TECNICO

Parámetro	PNT	Técnica	Ref Norma	Rango (1)
<b>Propiedades Físicas - Granulometría</b>				
* Arcilla	PEC-018	Densitometría		0,00 - 0,00 %
* Arena	PEC-018	Densitometría		0,00 - 0,00 %
* Granulometría	PEC-018	Densitometría		0,00 - 100
* Limo	PEC-018	Densitometría		0,00 - 0,00 %
<b>Fertilidad</b>				
Conductividad Eléctrica (Extracto 1/1)	PEC-002	Electrometría		70,0 - 30.000 $\mu$ S/cm a 20°C
* Materia Orgánica Oxidable	PEC-013	Volumetría		0,17 - 6,00 %
pH (Extracto 1/1)	PEC-001	Electrometría		2,00 - 12,0
<b>Metales Totales</b>				
Mercurio Total	PP-208	Espect AFS		0,001 - 10,0 mg/kg

(1) El rango mínimo se corresponde con el límite de Determinación, a partir del cual cuantificamos.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como un certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

AGQ PERU, S.A.C.

Av. Santa Rosa 511 La Perla - Callao Lima, Lima, PERU

T: (511) 710 27 00

F: (511) 718 30 94

operacionesperu@agq.com.pe

www.agqlabs.com

3/3



## INFORME DE ENSAYO



Nº de Referencia: <b>S-16/37949</b>	Registrada en: <b>AGQ Ecuador</b>	Cliente: <b>RICHARD BLADIMIRPAQUI MAZA</b>
Análisis: <b>S-1283-PE</b>	Centro Análisis: <b>AGQ Perú</b>	Domicilio: <b>ZAMORA, BARRIO PIO JARAMILLOALVARADO</b>
Tipo Muestra: <b>SUELO AGRICOLA</b>	Fecha Recepción: <b>07/09/2016</b>	Contrato: <b>PRE-EC16-00361</b>
Fecha Inicio: <b>13/09/2016</b>	Fecha Fin: <b>03/10/2016</b>	Cliente 3º: <b>----</b>
Descripción: <b>CODIGO M03</b>		

Fecha/Hora: <b>05/09/2016</b>	Muestreado por: <b>Cliente</b>
-------------------------------	--------------------------------

A continuación se exponen el Informe de Ensayo y Anexo Técnico asociados a la muestra, en los cuales se pueden consultar toda la información relacionada con los ensayos realizados.

Los Resultados emitidos en este informe, no han sido corregidos con factores de recuperación. Siguiendo el protocolo recogido en nuestro manual de calidad, AGQ guardará bajo condiciones controladas la muestra durante un periodo determinado después de la finalización del análisis. Una vez transcurrido este periodo, la muestra será eliminada. Si desea información adicional o cualquier aclaración, no dude en ponerse en contacto con nosotros.

Yoel Iñigo CQP 826  
Resp. Lab. Inorgánico

FECHA EMISIÓN: 03/10/2016

### OBSERVACIONES:

Muestra de suelo agrícola M03 Proyecto: Evaluación del potencial Fitorremediador de la Especie Dieffenbachia Seguine en suelos contaminados por mercurio en el Barrio San Antonio Parroquia Guadalupe, Canton Zamora.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como un certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

**AGQ PERU, S.A.C.**

Av. Santa Rosa 511 La Perla - Callao Lima, Lima. PERU

T: (511) 710 27 00

F: (511) 718 30 94

operacionesperu@agq.com.pe

www.agqlabs.com

1/3



## INFORME DE ENSAYO



Nº de Referencia: S-16/37949  
 Descripción: CODIGO M03

Tipo Muestra: SUELO AGRICOLA  
 Fecha Fin: 03/10/2016

### RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
<b>Propiedades Físicas - Granulometría</b>				
* Arcilla	10,0	-	%	
* Arena	45,0	-	%	
* Granulometría	Franca	-		
* Limo	45,0	-	%	
<b>Fertilidad</b>				
Conductividad Eléctrica (Extracto 1/1)	1.453	-	µS/cm a 20°C	
* Materia Orgánica Oxidable	1,45	-	%	
pH (Extracto 1/1)	7,56	-		

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como un certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

AGQ PERU, S.A.C.

Av. Santa Rosa 511 La Perla - Callao Lima, Lima, PERU

T: (511) 710 27 00

F: (511) 718 30 94

operacionesperu@agq.com.pe

www.agqlabs.com

2/3





## INFORME DE ENSAYO



Nº de Referencia: S-16/37949  
 Descripción: CODIGO M03

Tipo Muestra: SUELO AGRICOLA  
 Fecha Fin: 03/10/2016

### ANEXO TECNICO

Parámetro	PNT	Técnica	Ref Norma	Rango (1)
<b>Propiedades Físicas - Granulometría</b>				
* Arcilla	PEC-018	Densitometría		0,00 - 0,00 %
* Arena	PEC-018	Densitometría		0,00 - 0,00 %
* Granulometría	PEC-018	Densitometría		0,00 - 100
* Limo	PEC-018	Densitometría		0,00 - 0,00 %
<b>Fertilidad</b>				
Conductividad Eléctrica (Extracto 1/1)	PEC-002	Electrometría		70,0 - 30.000 $\mu$ S/cm a 20°C
* Materia Orgánica Oxidable	PEC-013	Volumetría		0,17 - 6,00 %
pH (Extracto 1/1)	PEC-001	Electrometría		2,00 - 12,0
<b>Metales Totales</b>				
Mercurio Total	PP-208	Espect AFS		0,001 - 10,0 mg/kg

(1) El rango mínimo se corresponde con el límite de Determinación, a partir del cual cuantificamos.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como un certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

AGQ PERU, S.A.C.

Av. Santa Rosa 511 La Perla - Callao Lima, Lima, PERU

T: (511) 710 27 00

F: (511) 718 30 94

operacionesperu@agq.com.pe

www.agqlabs.com

3/3

## INDICE GENERAL

CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA	iii
CARTA DE AUTORIZACIÓN	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
1 TITULO	1
2 RESUMEN	2
2.1 Summary	3
3 Introducción	4
4 Revisión de literatura	7
4.1 El suelo	7
4.1.1 Concepto suelo	7
4.1.2 Calidad del suelo	7
4.1.3 Composición del suelo	8
4.1.4 Propiedades del suelo	8
4.1.5 Contaminación del suelo por metales pesados	9
4.1.6 Toxicidad de los metales pesados	10
4.1.7 Factores que afectan a la disponibilidad y acumulación de los metales pesados en el suelo	11
4.1.8 Movilización del mercurio en el suelo	13
4.2 Biorremediación de suelos	15
4.2.1 Conceptos	15
4.2.2 Tipos de biorremediación	15
4.3 Investigaciones	19
4.4 Marco legal	20
4.4.1 Constitución de la República del Ecuador	20
4.4.2 Acuerdo Ministerial 028	21
4.4.3 Ley Minera	24

5	MATERIALES Y MÉTODOS	28
5.1	Materiales y métodos	28
5.1.1	Materiales	28
5.2	Métodos	29
5.2.1	Área de estudio	29
5.3	Planteamiento de hipótesis	31
5.3.1	Hipótesis de investigación	31
5.4	Variables	31
5.4.1	Variable dependiente	31
5.4.2	Variable independiente	32
5.5	Metodología para el primer objetivo específico	32
5.5.1	Recopilación de información	32
5.5.2	Entrevista	33
5.5.3	Ubicación del lugar	34
5.6	Muestreo	35
5.6.1	Delimitación del área a muestrear	35
5.6.2	Tipo de muestra	36
5.6.3	Identificación de los puntos	36
5.6.4	Obtención del suelo	37
5.6.5	Construcción de las platabandas	37
5.6.6	Colocación del material en las platabandas	38
5.6.7	Tipo de muestra	39
5.6.8	Toma de la muestra	39
5.6.9	Tipo de recipiente y conservación de la muestra	40
5.6.10	Etiquetado de la muestra	41
5.6.11	Envío de la muestra	41
5.6.12	Análisis de laboratorio	42
5.6.13	Interpretación de los resultados	42
5.7	Metodología para el segundo objetivo	42
5.7.1	Diseño experimental y estadístico	43

5.7.2	Diseño experimental	43
5.7.3	Adquisición del material vegetal	44
5.7.4	Siembra de las especie vegetal	44
5.7.5	Limpieza y riego	44
5.7.6	Monitoreo y control	45
5.7.7	Toma de muestra	47
5.7.8	Tipo de recipiente y conservación de la muestra	49
5.7.9	Etiquetado de la muestra	49
5.7.10	Envío de la muestra	50
5.7.11	Análisis de laboratorio	50
5.7.12	Interpretación y análisis de los resultados	51
6	RESULTADOS	52
6.1	Recopilación de información del Plan de Ordenamiento Territorial de Guadalupe	52
6.1.1	Población	52
6.1.2	Educación	52
6.1.3	Servicios básicos	52
6.1.4	Actividades Productivas	52
6.1.5	Explotación Aurífera	53
6.1.6	Entrevista	53
6.2	Inspección de campo	55
6.3	Delimitación del área a muestrear	56
6.4	Interpretación y análisis de los resultados iniciales y finales	57
6.4.1	Mercurio	58
6.4.2	Potencial de Hidrogeno (pH)	59
6.4.3	Materia Orgánica	59
6.4.4	Características morfológicas de la especie	60
6.5	Desarrollo del método estadístico Chi-Cuadrado o X <sup>2</sup>	61
6.5.1	Calculando el Chi cuadrado (X <sup>2</sup> )	62
6.5.2	Determinamos el porcentaje de error (P) y el grado de libertad (v)	63
6.5.3	Obtención del valor crítico (vc)	63

7	DISCUSIÓN	65
8	CONCLUSIONES	68
9	RECOMENDACIONES	69
10	BIBLIOGRAFIA	70
11	ANEXOS	75

**INDICE DE FOTOGRAFIAS**

<b>FOTOGRAFÍA 1.</b> ENTREVISTA AL PROPIETARIO DEL TERRENO .....	33
<b>FOTOGRAFÍA 2.</b> RECORRIDO DE CAMPO .....	34
<b>FOTOGRAFÍA 3.</b> UBICACIÓN DEL LUGAR A DESARROLLAR EL ENSAYO .....	34
<b>FOTOGRAFÍA 4.</b> LEVANTAMIENTO DE COORDENADAS.....	35
<b>FOTOGRAFÍA 5.</b> IDENTIFICACIÓN DE LOS PUNTOS .....	36
<b>FOTOGRAFÍA 6.</b> OBTENCIÓN DEL SUELO.....	37
<b>FOTOGRAFÍA 7.</b> CONSTRUCCIÓN DE LA PLATABANDA .....	38
<b>FOTOGRAFÍA 8.</b> COLOCACIÓN DEL MATERIAL EN LAS PLATABANDAS.....	39
<b>FOTOGRAFÍA 9.</b> TOMA DE LA MUESTRA.....	40
<b>FOTOGRAFÍA 10.</b> CONSERVACIÓN DE LA MUESTRA.....	41
<b>FOTOGRAFÍA 11.</b> SIEMBRA DE LA ESPECIE.....	44
<b>FOTOGRAFÍA 12.</b> ELIMINACIÓN DE PLAGAS .....	45
<b>FOTOGRAFÍA 13.</b> MEDICIÓN DE LA ALTURA .....	46
<b>FOTOGRAFÍA 14.</b> PLANTA CON CLOROLISIS .....	46
<b>FOTOGRAFÍA 15.</b> ETIQUETADO A LAS PLANTAS .....	47
<b>FOTOGRAFÍA 16.</b> TAMIZADO DE LA MUESTRA .....	48
<b>FOTOGRAFÍA 17.</b> PESADO DE LA MUESTRA .....	48
<b>FOTOGRAFÍA 18.</b> CONSERVACIÓN DE LA MUESTRA.....	49
<b>FOTOGRAFÍA 19.</b> ETIQUETADO DE LA MUESTRA .....	50

## INDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA 1.</b> UBICACIÓN POLÍTICA DEL BARRIO SAN ANTONIO .....	30
<b>FIGURA 2.</b> DISTRIBUCIÓN DEL TRATAMIENTO A IMPLEMENTAR.....	43
<b>FIGURA 3.</b> DISMINUCIÓN DEL MERCURIO EN EL TRATAMIENTO.....	58
<b>FIGURA 4.</b> RESULTADO DEL POTENCIAL DE HIDROGENO .....	59
<b>FIGURA 5.</b> RESULTADO DE MATERIA ORGÁNICA.....	59
<b>FIGURA 6.</b> ÍNDICE DE CRECIMIENTO Y MORTALIDAD DE LA ESPECIE DIEFFENBACHIA SEGUINE .....	60

## INDICE DE CUADROS

<b>CUADRO 1.</b> RESULTADOS INICIALES DEL ANÁLISIS DE SUELO POR LA ACTIVIDAD MINERA	57
<b>CUADRO 2.</b> RESULTADOS FINALES DEL ANÁLISIS DE SUELO POR LA ACTIVIDAD MINERA ..	57
<b>CUADRO 3.</b> MATRIZ DEL RESULTADO CONSOLIDADO.....	58
<b>CUADRO 4.</b> FRECUENCIAS OBSERVADAS EN LOS TRATAMIENTOS .....	61
<b>CUADRO 5.</b> TABLA DE CONTINGENCIA PARA FRECUENCIAS ESPERADAS .....	62
<b>CUADRO 6.</b> CALCULO DEL CHI CUADRADO O X <sup>2</sup> .....	63

## INDICE DE TABLAS

<b>TABLA 1.</b> TAXONOMÍA DE LA DIEFFENBACHIA SEGUINE .....	18
<b>TABLA 2.</b> CRITERIOS DE CALIDAD DE SUELO .....	22
<b>TABLA 3.</b> CRITERIOS DE REMEDIACIÓN DEL SUELO .....	23