



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES
RENOVABLES

CARRERA DE INGENIERÍA EN MANEJO Y CONSERVACIÓN
DEL MEDIO AMBIENTE

EVALUACIÓN DEL POTENCIAL FITORREMIADOR DE
LA ESPECIE *Capsicum annuum L.* EN SUELOS
CONTAMINADOS POR MERCURIO, EN EL SECTOR DE
PUENTE AZUL, PARROQUIA SAN CARLOS DE LAS
MINAS, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA
CHINCHIPE

Tesis de grado previa a la obtención
del Título de Ingeniera en Manejo y
Conservación del Medio Ambiente

AUTORA:

Yomayra Elizabeth Betancourt Guerrero

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 FITORREMIADOR DE LA ESPECIE *Capsicum annum L.* EN SUELOS CONTAMINADOS POR MERCURIO, EN EL SECTOR DE PUENTE AZUL, PARROQUIA SAN CARLOS DE LAS MINAS, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE**, desarrollado por la señorita Yomayra Elizabeth Betancourt Guerrero, 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 de 2016

Atentamente


Ing. Osmani Eduardo López Celi. Mg. Sc

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

AUTORÍA

Yo **Yomayra Elizabeth Betancourt Guerrero**, declaro ser autora 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.

AUTORA: Yomayra Elizabeth Betancourt Guerrero

FIRMA: _____



CÉDULA: 190039175-4

FECHA: Loja, 12 de Diciembre 2016

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

Yo, **YOMAYRA ELIZABETH BETANCOURT GUERRERO**, declaro ser autora de la Tesis titulada **EVALUACIÓN DEL POTENCIAL FITORREMEDIAADOR DE LA ESPECIE *Capsicum annuum L.* EN SUELOS CONTAMINADOS POR MERCURIO, EN EL SECTOR DE PUENTE AZUL, PARROQUIA SAN CARLOS DE LAS MINAS, CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE**, como requisito para optar por el grado de: **INGENIERA 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 la autora:

AUTORA: Yomayra Elizabeth Betancourt Guerrero

FIRMA:  _____

CÉDULA: 190039175-4

DIRECCIÓN: Av. del Ejército

CORREO ELECTRÓNICO: yomy2988@gmail.com

TELÉFONO: 2315687

CELULAR: 0981196456

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

La presente tesis está dedicada a mi hija Emily, quien con su afecto y cariño han sido detonantes de mi felicidad, de mi esfuerzo y de mis ganas de buscar lo mejor para ella, quien a su corta edad me enseñó y me sigue enseñando el significado del amor verdadero, la que me ayudó a encontrar el lado dulce y no amargo de la vida. Fuiste el motor para la culminación de mi carrera y motivación más grande en esta etapa de vida.

Yomayra Elizabeth Betancourt Guerrero

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi Dios quién supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades, ni desfallecer en el intento, a mi madre quien con su lucha constante ha sabido sobresalir en medio de tantas adversidades enseñándome el significado de lucha, valor y coraje, a mis hermanos: Cristian, Danny y Jorge Betancourt quienes nunca han dejado de confiar en mí y me han sabido brindar su apoyo incondicional para el cumplimiento de esta meta.

1 TÍTULO

EVALUACIÓN DEL POTENCIAL FITORREMEDIADOR DE LA ESPECIE *Capsicum annuum L*, EN SUELOS CONTAMINADOS POR MERCURIO, EN EL SECTOR DE PUENTE AZUL, PARROQUIA SAN CARLOS DE LAS MINAS, CANTON ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA. CHINCHIPE

2 RESUMEN

Siendo la minería aurífera uno de los mayores problemas de contaminación de metales pesados que se encuentran en el sector de San Carlos de las Minas se vio la necesidad de realizar el presente trabajo de investigación que tuvo como finalidad evaluar el potencial fitorremediador de la especie *Capsicum annuum L.*, como planta acumuladora de mercurio, ya sea movilizando, degradando o estabilizando el contaminante en la planta, presentando de esta manera una alternativa eficaz y económica para la remediación de suelos contaminados por concentraciones de mercurio, razón por lo cual se plantearon los siguientes objetivos:

1) Determinar el grado de contaminación actual del suelo por mercurio en el sector de Puente Azul, parroquia San Carlos de las Minas; 2) Evaluar el potencial fitorremediador de la especie *Capsicum annum L.* en suelos contaminados por mercurio

El ensayo tuvo una duración de 105 días, realizando el monitoreo respectivo de las 24 plantas sembradas en los diferentes tratamientos, además se realizaron análisis de suelo iniciales como finales, y mediante estos resultados se pudo precisar que la especie *Capsicum annum L.*, es una planta que cuenta con potencial fitorremediador ya que se comprobó que tiene tolerancia a suelos contaminados por mercurio, pues se adaptó sin dificultad. y presentó una descontaminación de 57.1% en el tratamiento 1, mientras que la muestra testigo tuvo una descontaminación de 42.9%.

2.1 SUMMARY

Since gold mining is one of the major problems of contamination of heavy metals found in the sector of San Carlos de las Minas, it was necessary to carry out the present research work that aimed to evaluate the phytoremediation potential of the species *Capsicum annum* L., as a mercury accumulating plant, either by mobilizing, degrading or stabilizing the pollutant in the plant, thus presenting an efficient and economical alternative for the remediation of soils contaminated by mercury concentrations, reason by which raised the following objectives:

1) to establish the degree of contamination by mercury current land in the area of Blue Bridge, Parish San Carlos of mines; 2) assess the potential fitorremediador of the species *Capsicum annum* L., on soils contaminated by mercury. It essay had a duration of 105 days, and through analysis of soil initial and end as well as a constant monitoring of them 24 plants sown in them different treatments is found that the species *Capsicum annum* L., has tolerance to soils contaminated by metals heavy, as is adapted without difficulty to soils with 85.33 mg / kg of concentration of mercury.

However according to the results obtained during the trial period is may not suggest the species *Capsicum annum* L, as a possible plant fitorremediador as its percentage of mercury removal did not represent significance to the control simple, since treatment had a percentage of decontamination of 57.1% and 42.9% for the simple of witness.

3 INTRODUCCIÓN

La minería aurífera es actualmente la mayor fuente de contaminación de metales pesados en el sector de San Carlos de las Minas, actividad que se viene desarrollando durante décadas por los pobladores y no pobladores de esta zona, convirtiéndose en un sector netamente minero, donde la extracción aurífera se ha convertido en el sustento familiar de muchos habitantes de esta zona. El suelo de este sector actualmente ha perdido su valor para la producción de alimentos o diferentes productos o servicios a causa de la acumulación de materiales peligrosos en el suelo, pues dicha actividad la realizan mediante el uso de maquinaria pesada, continuando con la utilización de metales pesados como el cianuro y mercurio para su separación, a pesar de que dentro del Art 86 de la Ley Minera del Ecuador prohíbe el uso de metales pesados en operaciones mineras, puesto que la utilización de este ocasionan una acumulación considerable en el suelo debido a la toxicidad y gran bioacumulación que presentan estos metales al hacer contacto con la superficie, tal es el caso del Sr. Cesar Romero que es uno de los tantos propietarios que se han visto afectados por esta inadecuada explotación aurífera, pues en sus terrenos se realizó esta actividad hace un año. Por consiguiente no puede producir ningún tipo de cultivo debido a la infertilidad del suelo, en el que la única vegetación que cubre su terreno es pasto, mismo que por temor no es usado ni para la ganadería, constituyendo un riesgo para el ambiente y la salud.

Razón por la cual se vio la necesidad de realizar un diagnóstico en el sector del barrio Puente Azul, con el fin de determinar el grado de contaminación por metales pesados dentro de los terrenos del señor Cesar Romero, con el fin de

contribuir a minimizar los efectos de contaminación ambiental mediante una de las técnicas de remediación de suelos como es la fitorremediación, la cual se considera una técnica potencialmente capaz de dar soluciones para la remoción de metales pesados con un gasto económico y tecnológico relativamente menor. En el presente proyecto de investigación se evaluó la toxicidad de los metales pesados en una especie fitorremediadora con la finalidad de determinar la tolerancia que presenta esta planta hacia este metal.

Para dar cumplimiento a la mencionada investigación, se planteó y desarrollo los siguientes objetivos:

Objetivo General

- Contribuir a la remediación de suelos contaminados por mercurio, mediante la técnica de fitorremediación, en el sector de Puente Azul, parroquia San Carlos de las Minas, cantón Zamora, provincia de Zamora. Chinchipe.

Objetivos Específicos

- ✓ Determinar el grado de contaminación actual del suelo por mercurio, en el sector de Puente Azul, parroquia San Carlos de las Minas, cantón Zamora, provincia de Zamora Chinchipe.
- ✓ Evaluar el potencial fitorremediador de la especie *Capsicum annum L.*, en suelos contaminados por mercurio debido a la presencia de minería aurífera , en el sector de Puente Azul, parroquia San Carlos de las Minas, cantón Zamora, provincia de Zamora Chinchipe.

4 REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 Minería en el Ecuador

4.1.1 Reseña histórica de la minería aurífera en Ecuador

Cueva, & Cabrera (2014), mencionan que :

Actualmente, entre los minerales que explota el Ecuador destacan el oro y, en menor medida, la plata, el cobre, el antimonio, y escasamente el plomo, el zinc, el platino y otros elementos menores asociados. Todos ellos son principalmente explotados en las provincias de Zamora - Chinchipe, El Oro y Azuay donde se encuentran los mayores yacimientos mineros. No obstante, persisten minas de la época colonial en Sangurima, Collay, Río Lingay, Valladolid, Loyola, Logroño, Otavalo, Río Curaray, Nambija, Esmeraldas, Malbucho, Sevilla de Oro, Sumaco, Zaruma y Misagualli. Además de estas minas históricas, se calcula que en el país existen más de 150 localidades donde existen indicios de oro por explotar, donde por ejemplo tenemos el sector de Nambija, ubicada en el cantón Zamora, parroquia San Carlos, al sureste de la selva amazónica, la cual ha sufrido fluctuaciones de población de acuerdo a los períodos de auge productivo que ha atravesado. Al momento del descubrimiento de las minas de Nambija, su población apenas llegaba a los 250 habitantes, mientras que en su mejor período llegó a contar con 20.000 habitantes, la mayoría provenientes de las minas de Zaruma y Portovelo. El último dato correspondiente a 1991, reveló la existencia de 1,600 habitantes, lo que demuestra la reducción de la actividad en los últimos años. Este yacimiento ha sido objeto de numerosos conflictos a lo largo de su historia, tanto “ambientales”, por la deficiencia tecnológica y la sobreexplotación del material, como “sociales”, por las condiciones de riesgo, hacinamiento e inseguridad laboral en que se han mantenido los mineros. Los conflictos entre las empresas concesionarias y las sociedades mineras agrupadas en una Cooperativa que maneja una concesión de 630 hectáreas han sido también una constante. (P.10).

El suelo es un importante recurso natural con gran influencia sobre el medio ambiente, y de él dependen, en gran medida, la supervivencia y el bienestar de la población actual y las generaciones futuras. Además, como su regeneración es muy lenta, el suelo debe considerarse como un recurso no renovable y cada vez más escaso, debido a que está sometido a constantes procesos de degradación y destrucción la misma que puede ser de origen natural o antropogénico, puesto que el suelo es principalmente la consecuencia directa de su utilización por el hombre, es decir como resultado de actuaciones directas, o por acciones indirectas (Lozano, 2014)

4.2 El suelo, factores de contaminación y sostenibilidad

4.2.1 Aspectos conceptuales

De acuerdo a Avila, (1998), citado por Lozano sostiene que:

El suelo es uno de los bienes preciados de la humanidad. Permite la vida de los vegetales, animales y del hombre en la superficie de la tierra”. Es un medio vivo y dinámico que permite la existencia de vida vegetal y animal. Es esencial para la vida del hombre en cuanto es fuente de alimentación y de materias primas. “Los suelos están formados por cuatro componentes básicos: minerales, aire, agua y materia orgánica. En la mayoría de suelos, los minerales representan alrededor de 45% del volumen total, agua y aire cerca de 25% cada uno, y materia orgánica entre 2% y 5%. La porción mineral consiste en tres distintos tamaños de partículas clasificadas como arena, limo, y arcilla. La arena es la partícula más grande que se puede considerar como suelo. Las arcillas son partículas muy diferentes a las de arena o limo y la mayoría de los tipos de arcilla contienen cantidades apreciables de nutrientes para las plantas y son más productivo.(p11)

4.2.1.1 Que es el suelo

Según el Ministerio del Ambiente,(MAE 2015) define el suelo como:

La capa superior de la corteza terrestre, situada entre el lecho rocoso y la superficie, compuesto por partículas minerales, materia orgánica, agua, aire y organismos vivos y que constituye la interfaz entre la tierra, el aire y el agua, lo que le confiere capacidad de desempeñar tanto funciones naturales como de uso. (p. 13)

4.2.1.2 Importancia del Suelo

Granda, (2011), menciona:

Que la importancia del suelo radica en que es un elemento natural dinámico y vivo que constituye la interfaz entre la atmósfera, la litósfera y la hidrósfera, sistemas con los que mantiene un continuo intercambio de materia y energía. El cual lo convierte en una pieza clave del desarrollo de los ciclos biogeoquímicos superficiales y le confiere la capacidad para desarrollar una serie de funciones esenciales en la naturaleza de carácter medioambiental, ecológico, económico, social y cultural.

El suelo proporciona los nutrientes, el agua y el soporte físico necesario para el crecimiento vegetal y la producción de biomasa en general, desempeñando un papel fundamental como fuente de alimentación para los seres vivos.

Es un componente esencial del ciclo hidrológico, actuando como elemento distribuidor de las aguas superficiales y contribuyendo al almacenaje y recarga de la aguas subterráneas.

El suelo, a través de su poder de amortiguación o desactivación natural de la contaminación, filtra, almacena, degrada, neutraliza e inmoviliza sustancias orgánicas e inorgánicas tóxicas, impidiendo que alcance las aguas subterráneas y el aire o que entren en la cadena alimenticia

- Es el hábitat natural biológico de muchos organismos de todo tipo y constituye un elemento de reserva genética.
- Desarrolla un importante papel como fuente de materias primas.
- Sirve de plataforma para el desarrollo de las actividades humanas como soporte de la estructura socioeconómica y forma parte del paisaje y del patrimonio cultural.

El suelo es un elemento frágil del medio ambiente, un recurso natural no renovable puesto que su velocidad de formación y regeneración es muy lenta mientras que los procesos que contribuyen a su degradación, deterioro y destrucción son muchos más rápidos. Por ellos, es de suma importancia concienciar a la opinión pública sobre este aspecto. (p.20-21)

4.2.1.3 Composición del suelo

De acuerdo a Montalvo (2013):

El suelo está compuesto por tres fases que son: 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

Un promedio general la materia constituye un 5 % del suelo, el agua 25%, el aire 25%, mientras que la fracción mineral está representada en un porcentaje del 45%, como consecuencia de estas tres fases, el suelo presenta determinadas propiedades que dependen de la composición y constitución de sus componentes (p.48)

4.2.1.4 Características físicas, químicas y biológicas del suelo

4.2.1.5 Propiedades Físicas del suelo

Garcia, Hill, Kaplán , Ponde de León, & Rucks, (2014) manifiesta que:

Las propiedades físicas de los suelos, determinan en gran medida, la capacidad de muchos usos a los que el hombre los sujeta. La condición física de un suelo, determina la rigidez y la fuerza de sostenimiento, la facilidad para penetración de las raíces, la aireación, la capacidad de drenaje y de almacenamiento de agua, la plasticidad, y la retención de nutrientes. Se considera necesario para as personas involucradas en el uso de la tierra, conocer las propiedades físicas de los suelos, para entender en qué medida y cómo influyen en el crecimiento de las plantas, en qué medida y como la actividad humana puede llegar a modificarlas y comprender la importancia de mantener las mejores condiciones físicas del suelo posibles

De acuerdo a la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, (2016) , las propiedades principales son : Estructura del suelo, profundidad, textura; color, consistencia, porosidad, densidad, y el movimiento del agua en el suelo

4.2.1.5.1 Propiedades químicas del suelo

De acuerdo Porta & Acevedo (2003), citado por León (2015) menciona que:

La roca madre la cual sufre procesos de meteorización es la que forma el suelo y determina su composición química inicial, luego intervienen fenómenos vinculados principalmente al agua, lo cuales producen que componentes como cloruros sulfatos, calcio, sodio o potasio formen lixiviados y sean transportados a otras capas del suelo, este fenómeno hace que las concentraciones de estos elementos varíen y puedan provocar que

otras propiedades químicas como el pH o conductividad eléctrica sean alteradas (p.8)

De acuerdo a la FAO, (2016) , las propiedades químicas principales son : Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), pH, nutrientes para las plantas, nitrógeno, salinización, alcalinización, contenido de carbonato de calcio en el suelo, contenido de carbonato de Sodio

4.2.1.5.2 Propiedades biológicas del suelo

Las propiedades biológicas del suelo son muy importantes, debido a que están constituidas por la microfauna del suelo, como hongos, bacterias, nematodos, insectos y lombrices, los cuales mejoran las condiciones del suelo acelerando la descomposición y mineralización de la materia orgánica, además que entre ellos ocurren procesos de antagonismo o sinergia que permite un balance entre poblaciones dañinas y benéficas que disminuyen los ataques de plagas a las plantas. (p.8-9).

De acuerdo a la FAO (2016), dentro de las propiedades biológicas del suelo encontramos: el ciclo del Nitrógeno y el ciclo de carbono

4.2.2 Metales pesados en el ambiente

Durán, (2010) menciona que:

Los metales pesados se encuentran de forma natural en la corteza terrestre, sin embargo estos se pueden convertir en contaminantes si su distribución en el ambiente se altera mediante actividades humanas, por ejemplo durante la extracción minera, el refinamiento de productos mineros o por la liberación al ambiente de efluentes industriales, asimismo estos metales tienen la capacidad de provocar cambios evolutivos debido a sus efectos dañinos en las plantas. El efecto de los metales pesados en el ambiente son bastantes graves, puesto que degradan el suelo lo cual disminuye su

productividad si la contaminación es excesiva. La peligrosidad de los metales pesados reside en que estos no pueden ser degradados, volviéndose en contaminantes potencialmente peligrosos ya que contaminan el aire, el agua y al ser humano causando repercusiones negativas a la salud como: varios tipos de cáncer, daños en los riñones e inclusive la muerte. (Pág 3)

Se denomina metales pesados aquellos elementos químicos que poseen un peso atómico contenido entre 63.55 (Cu) y 200-59 (Hg), y presentan un peso específico superior a $4(\text{g}/\text{cm}^3)$, como el plomo (Pb), cadmio (Cd), cromo (Cr), mercurio (Hg), zinc (Zn), cobre (Cu), plata (Ag), arsénico (As), y en altas concentraciones pueden resultar tóxicos para los seres vivos, tales como humanos, organismos en el suelo, plantas y animales (citado por Bonilla Valencia 2013).

De acuerdo a Nedelkoska & Doran, 2000, citado por Ortega Ortiz, Benavides Mendoza, Arteaga, & Zermeño González, los metales pesados se pueden clasificar en:

Oligoelementos o Micronutrientes.- Requeridos en pequeñas cantidades o trazas por plantas y animales, y son necesarios para que los organismos completen su ciclo vital, convirtiéndose en tóxicos cuando pasan cierto umbral, dentro de este grupo se encuentran: arsénico (As), bromo (Br), cobalto (Co), molibdeno (Mb), manganeso (Mn), níquel (Ni), selenio (Se), zinc (Zn).

Metales pesados sin función biológica conocida.- La presencia en seres vivos en determinadas cantidades lleva a disfunciones en los organismos y en concentraciones altas, resultan altamente tóxicos, presentando la propiedad de acumularse en los organismos vivos, dentro de este grupo se encuentran: mercurio (Hg) cadmio (Cd), plomo (Pb), cobre (Cu), antimonio (Sb), bismuto (Bi). (Pág. 15)

Según Bautista,2000; Diez Kidd, & Monterros (2009), los contaminantes “que existen según su origen pueden ser”:

Los geogénicos pueden proceder de la propia roca madre en la que se formó el suelo, de la actividad volcánica o del lixiviado de mineralización, así se puede encontrar Pb en los minerales primarios sulfurosos como la pirita (FeS₂) y en los minerales secundarios como el óxido de manganeso y el carbonato de calcio.(p.33)

Los antropogénicos en el que las actividades humanas han ejercido un efecto en la concentración y movilidad de los metales en suelos, así como un destacable efecto medioambiental y, en algunas ocasiones, graves efectos a la salud de los seres vivos. Las actividades humanas de mayor impacto son los derivados de industrias, agrícolas, residuos sólidos urbanos y mineras encontrándose el mercurio (Hg) como unos de los principales contaminantes tóxicos emitidos al agua, aire y suelo. (p.33)

4.2.3 **Dinámica de los metales pesados en el suelo**

Cuevas (2010), menciona que los metales pesados incorporados al suelo pueden seguir cuatro diferentes vías:

- Quedar retenidos en el suelo, ya sea disueltos en la solución o bien fijados por procesos de adsorción, complejación y precipitación.
- • Pasar a la atmósfera por volatilización.
- Movilizarse a las aguas superficiales o subterráneas.

López y Grau (2005), señalan:

Que en el suelo los metales pesados pueden estar en seis compartimentos principales, asociados de formas diversas a los constituyentes del suelo.

- Dentro de las redes cristalinas de los minerales primarios (no alterados, heredados de la roca madre) y de constituyentes secundarios (minerales procedentes de la alteración edafogénica).
- Adsorbidos en las fases de hidróxido de hierro, aluminio y manganeso.
- Secuestrados o ligados a los restos vegetales y animales (que son liberado a medida que se van mineralizando estos residuos)
- Incluidos en las macromoléculas orgánicas.
- En forma intercambiable (ión) asociados a la superficie de las arcillas minerales y a la materia orgánica.
- En forma soluble, coloide o particulado, en la solución del suelo.(P. 36)

4.2.4 Acumulación de metales en el suelo

De acuerdo Ortega, S/F, dependiendo del metal en cuestión, las prácticas de manejo del suelo, como la modificación del pH y la fertilización, pueden tener diferentes efectos sobre la absorción. Por ejemplo, se ha demostrado que la acidificación del suelo favorece la hiperacumulación de Cd o Zn, aunque un exceso de acidez puede inducir fitotoxicidad de Al o Mn (Brown, et al., 1999; Wang, et al., 2006). Por el contrario, la absorción y acumulación aumentan con el incremento del pH (P.15)

4.2.5 Factores que afectan a la disponibilidad de los metales.

De acuerdo a Fernández (S/F), para conocer el comportamiento de los metales pesados en los suelos deben considerarse los siguientes factores:

4.2.5.1 pH.

Es el principal factor de control de la disponibilidad de los metales para las plantas. La mayor parte de los metales tienden a estar más disponibles a pH ácido, ya que al producirse un descenso del mismo se mejora tanto la solubilidad de los metales como su absorción por las raíces de las plantas.

En algunos casos, suele ocurrir que un incremento del pH del suelo no provoca necesariamente una disminución en la disponibilidad de los metales como ocurre con el As, Mo, Se y Cr. de manera que, el pH es un parámetro importante para definir la movilidad del catión, debido a que en medios de pH moderadamente alcalino se produce la precipitación como hidróxidos. Sin embargo, en medios muy alcalinos estos hidróxidos pueden pasar de nuevo a la solución como hidroxicomplejos. Por otra parte, algunos metales como Se, V, As y Cr pueden estar en la disolución del suelo en forma de aniones solubles.

4.2.5.2 Textura

Los suelos de textura fina proceden probablemente de minerales secundarios que se alteran con facilidad y que son generalmente la fuente principal de metales pesados. Los suelos de textura gruesa tienen minerales primarios como el cuarzo, con un bajo contenido en metales pesados.

4.2.5.3 Materia orgánica.

La materia orgánica del suelo presenta una elevada afinidad por ciertos metales (Co, Cu, Mo, Ni, Pb y Zn), reaccionando con ellos e influyendo en su disponibilidad. La disponibilidad de los metales está generalmente asociada con la formación de complejos de los metales con las sustancias húmicas y con otros compuestos de elevado peso molecular. Los metales, una vez que forman estos complejos, pueden migrar más fácilmente a las capas profundas o mantenerse en la solución del suelo como complejos orgánicos solubles.

4.2.6 Metales pesados tóxicos

Se puede decir que los metales pesados son un conjunto de elementos químicos que presenta una densidad relativamente alta y con cierta toxicidad para el ser humano, así tenemos a los metales pesados de tipo tóxico más comunes y estudiados como; Hg (Mercurio), Pb (Plomo) y As (Arsénico), los cuales deben ser controlados, pues pueden ser perjudiciales

para el medio ambiente y la salud. Entre los problemas que se presentan por la presencia de metales pesados es la bioacumulación, siendo uno de los más preocupantes en lugares donde existe una alta concentración de animales o vegetación, como pueden ser también ríos, los cuales en algunas zonas se encuentran niveles superiores en concentración de estos metales, debido al arrastre de quebradas que desembocan en ellos , los cuales arrastran por en su trayecto sustancias , las cuales pueden acumularse en peces de consumo humano , además de contaminar el agua o la fauna en el lugar (Méndez, 2013)

4.2.6.1 Mercurio

De acuerdo a López (2015) menciona que :

El mercurio es un elemento y no puede ser creado por el hombre ni puede ser destruido. El mercurio es liberado en el medio ambiente por las erupciones volcánicas y existe de manera natural en la corteza terrestre, a menudo en forma de sales de mercurio, como el sulfuro de mercurio. El mercurio está presente en muy pequeñas cantidades en los suelos no contaminados, a una concentración promedio de alrededor de 100 partes por mil millones (ppmm) [ppb, en la nomenclatura anglosajona: parts per billion]. Las rocas pueden contener mercurio en concentraciones de entre 10 y 20.000 ppmm. Muchos diferentes tipos de actividades humanas, remueven el mercurio de la corteza terrestre con algún propósito, y esto conduce a que el mercurio sea liberado en el medio ambiente en general. (p. 23)

El mercurio es un elemento estable y residual de difícil biodegradación; además, tiene la propiedad de penetrar en las cadenas tróficas y producir bioacumulación y biomagnificación. La presencia de mercurio en organismos vivos es síntoma de contaminación y pasadas determinadas concentraciones conduce a serios trastornos de salud y de efectos negativos ambientales (p. 23)

4.2.6.1.1 *Comportamiento del mercurio*

De acuerdo a Doimeadios, (1999) menciona que:

El mercurio y sus compuestos, una vez introducidos en el medio ambiente, pueden experimentar múltiples transformaciones, no todas ellas suficientemente establecidas debido a la variedad de formas en que se puede encontrar: estado vapor, en forma inorgánica o formando compuestos orgánicos. En general, se puede observar un comportamiento muy diferente del mercurio en los ecosistemas terrestres y acuáticos. En los suelos, el mercurio se encuentra fuertemente retenido, combinándose con componentes orgánicos y minerales, de manera que su adsorción está directamente correlacionada con el contenido en materia orgánica y en arcilla. A diferencia de otros metales, el mercurio se puede volatizar y su forma elemental (Hg) , parece ser la especie vapor dominante. Algunos autores han sugerido que los microorganismos del suelo producen en la volatiación del mercurio.(p. 417)

4.2.6.1.2 *.Fuentes de contaminación*

Garcés, 2008 menciona que:

El mercurio es un contaminante global que está presente en el suelo, agua, aire y en factores bióticos en los ecosistemas. Este metal pesado entra al medio ambiente como resultado de procesos naturales y antropogénicos. El mercurio que se libera naturalmente puede entrar a sistemas acuáticos y suelos mediante los siguientes procesos:

- Erosión de suelo mineralizado con mercurio y formación de rocas.
- Erupciones volcánicas y actividades geotermales.
- Liberación del mercurio desde subcorteza terrestre.

Por otro lado, las fuentes antropogénicas de mercurio se pueden atribuir a los siguientes factores:

- Quema de combustibles fósiles, madera, basura, lodos residuales y cremaciones.
- Procesos de alta temperatura, fundiciones, producción de cemento y cal.
- Actividades comerciales y de manufactura, procesamientos de metales, extracción de oro, minería, industria química e instrumental (compuestos químicos con mercurio, pinturas, baterías, termómetros, reactivos y catalizadores)

Otras fuentes, agricultura (pesticidas , fertilizantes y uso de estiércol) .

Se estima que la emisión antropogénica de mercurio varía entre el 50 y el 75% de la emisión anual total de la atmosfera, y que esta se ha triplicado durante los últimos 100 años. La principal vía del transporte de mercurio al ambiente es el intercambio a través de la superficie de suelos, océanos, ríos y vegetación con el aire. Además; otros transportes como los intercambios “suelo-vegetación “ y “agua-vegetación” representa una amenaza para la salud de los seres humanos ya que el metal acumulado en las plantas puede ingresar a la dieta humana, directamente a través del pescado, las aves o el ganado. Sin embargo, el intercambio de mercurio “suelo-vegetación” proporciona una posibilidad de remoción del metal del suelo mediante la absorción del mismo por parte de las plantas. (p 4-5)

4.2.6.1.3 Transporte y distribución del mercurio

De acuerdo a Carlos, Hernández, Osorio, & Valverde, (2007)

“La fuente más importante de contaminación con mercurio son las emisiones al aire, pero se producen también emisiones de mercurio de diversas fuentes que van directamente al agua y a la tierra. Una vez liberado, el mercurio permanece en el medio ambiente, donde circula entre el aire, el agua, los sedimentos, el suelo y la biota en diversas formas. Las emisiones actuales se añaden al fondo de mercurio existente en el mundo que se sigue

movilizándose, depositándose en la tierra y el agua y volviendo a movilizarse.

La forma en que se libera el mercurio varía según los tipos de fuentes y otros factores. La mayoría de las emisiones al aire son en forma de mercurio elemental gaseoso, que es transportado en todo el mundo a regiones alejadas de las fuentes de emisión. Las emisiones restantes se producen en forma de mercurio gaseoso, inorgánico, iónico (como el cloruro de mercurio) o consolidado en partículas emitidas. Estas formas tienen un período de vida más corto en la atmósfera y se pueden depositar en tierras o masas de agua a distancias aproximadas de 100 a 1000 kilómetros de su fuente.

4.2.6.1.4 Volatilización del mercurio

Gaona, (2004) define que:

Los procesos que definen el transporte y destino del mercurio en la atmósfera son básicamente las emisiones, la transformación y transporte en la atmósfera 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.(p.11)

4.2.6.1.5 Ciclo biogeoquímico del mercurio y su distribución en el medio ambiente

De acuerdo a Majin, (2012), menciona que:

El mercurio al igual que otros metales se encuentra naturalmente en la tierra, principalmente en forma de cinabrio (HgS) siendo esta una forma inorgánica, pero también se puede presentar en forma orgánica como

metilmercurio (MeHg) y elemental (Hg). Las características principales del mercurio son:

- Número atómico: 80
- Masa atómico de 200.59 g/mol
- Valencia: (1 y 2)
- Color: plateado
- Densidad: 16.6 g/mL
- Punto de fusión: -38.4 °C
- Punto de ebullición: 357 °C
- Estado: Líquido

Este metal se moviliza naturalmente desde los reservorios profundos de la tierra, hacia la atmosfera mediante actividades volcánicas y geológicas, lo que representa aproximadamente 500 Mg/año.

Dentro de las actividades antrópicas que generan emisiones atmosféricas de mercurio se destacan la quema de combustibles fósiles como el carbón, la producción de cemento, la fundición y producción de acero la disposición de residuos y el sistema de extracción y comercialización del mercurio.(p. 4)

4.2.7 Transferencia suelo- planta del mercurio

De acuerdo a I. López (2010) :

La acumulación y toxicidad del mercurio es mucho más baja en los ecosistemas terrestres que en los acuáticos. Esto es debido a que en el

suelo hay diversos agentes que pueden contribuir a su inmovilización. Por una parte, el mercurio puede ser secuestrado por los componentes del propio suelo, pero por otra también puede ser inmovilizado por los microorganismos edáficos o extraído por los sistemas radicales de las plantas y transferidos al interior de las mismas. La transferencia del mercurio a la planta a través de las raíces es muy lenta y no depende de la concentración del mercurio total presente, si no de cantidad de mercurio fácilmente disponible (Pág. 18)

4.3 La Fitorremediación como alternativa para la remediación de suelos contaminados por mercurio.

De acuerdo a López (2014) se puede definir la fitorremediación como:

Capacidad que tiene algunas plantas para tolerar, absorber, acumular y degradar compuestos contaminantes, con el fin de reducir o evitar la liberación de los mismos. Dentro del campo de la fitorremediación encontramos 5 tipos de remediación como son: Fitoextracción o fitoacumulación, Rizofiltración Fitoestimulación, Fitoestabilización, Fitovolatilización y la Fitodegradación, las mismas que pueden aplicarse a contaminantes orgánicos e inorgánicos presentes en sustratos sólidos como el suelo o líquidos como el agua. Las plantas con mayor potencial para la fitorremediación de metales son las especies metalofitas, plantas que gracias a diversos mecanismos fisiológicos sobreviven en los suelos que presentan niveles elevados de metales. (P. 12)

La fitorremediación puede aplicarse eficientemente para tratar suelos contaminados con compuestos orgánicos como benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos (BTEX); solventes clorados; desechos de nitrotolueno; agroquímicos clorados y organofosforados; además de compuestos inorgánicos como: Cd, Cr (VI), Co, Cu, Pb, Ni, Se y Zn. Se ha demostrado también su eficiencia en la remoción de metales radioactivos y tóxicos de suelos y agua.

El uso basado en plantas para la remediación no es un sistema nuevo, la primera prueba con plantas se llevó a cabo desde hace 300 años, en Alemania para un tratamiento de descargas municipales. La idea de utilizar plantas con alta capacidad de acumular metales, fue propuesta por Chaney y col. (1983), pero tuvo aceptación a partir de 1990, incrementando el uso de plantas de una manera eficiente y efectiva para el aprovechamiento de las tierras. (Volke & Velasco 2012,p- 6)

4.3.1 Mecanismos y fases de la fitorremediación

De acuerdo a Cruz, 2010, la fitorremediación utiliza los siguientes mecanismos:

4.3.1.1 Fitoextracción o fitoacumulación

Consiste en la absorción de contaminantes por las raíces; es la capacidad de algunas plantas para acumular contaminantes en sus raíces, tallos o follaje. Este mecanismo ha sido ampliamente estudiado en plantas que acumulan metales y recientemente con materiales reactivos.(p.33)

4.3.1.2 Rizofiltración

Se basa en la utilización de plantas crecidas en cultivos hidropónicos, se prefieren raíces de plantas terrestres con alta tasa de crecimiento y área superficial para absorber, concentrar y precipitar contaminantes. (p.33)

4.3.1.3 Fitoestimulación

La fitoestimulación o rizodegradación es aquella en la que las plantas generan exudados radiculares que estimulan el crecimiento de los microorganismos nativos capaces de degradar compuestos orgánicos xenobióticos. (p.33)

4.3.1.4 Fitoestabilización

La Fitoestabilización es un mecanismo que utiliza la planta para desarrollar un sistema denso de raíces que le permite reducir la biodisponibilidad y la movilidad de los contaminantes evitando el transporte a capas subterráneas o a la atmósfera. (p.33)

4.3.1.5 Fitovolatilización

La fitovolatilización se produce medida que las plantas en crecimiento absorben agua junto con los contaminantes orgánicos solubles. Algunos de los contaminantes pueden llegar hasta las hojas y evaporarse o volatilizarse a la atmosfera. (p.33)

4.3.1.6 Fitodegradación

La Fitodegradación consiste en la transformación de los contaminantes orgánicos en moléculas más simples. En determinadas ocasiones, los productos de la degradación sirven a la planta para acelerar su crecimiento, en otros casos los contaminantes son biotransformados. (p.34)

4.3.2 Plantas desarrolladas en ambientes contaminados por metales pesados

Los suelos contaminados por metales, pueden soportar una amplia colonización de plantas durante muchos años, incluso algunas áreas pueden soportar una amplia y diversa comunidad de especies, la cual puede ser o no fitogeográficamente distinta de la vegetación circundante en suelos no contaminados , sin embargo se plantea que a pesar de que la evolución de taxones tolerantes parece ser un fenómeno común, se debe plantear si las especies son inherentemente tolerantes a los metales (incluso cuando no

crecen en suelos contaminados) y por tanto, son capaces de colonizar áreas contaminadas. (Durán, 2010,p-48)

Lambinon y Auquier (1963) propusieron la clasificación de los taxones encontrados en suelos contaminados como: plantas metalófitas, pseudometalófitas y metalófitas accidentales.

De acuerdo a Durán (2010), menciona que:

Las plantas Metalófitas son especies de plantas que han desarrollado mecanismos fisiológicos para resistir, tolerar y sobrevivir en suelos con alto nivel de metales. Son plantas encontradas solo en suelos con altas concentraciones de metales pesados; y por tanto, son endémicas de zonas con afloramientos naturales de minerales metálicos. (p.48)

Existe otro grupo de plantas, de un ámbito de distribución más extenso, pero que por la presión selectiva son capaces de sobrevivir en suelos metalíferos; son las especies Pseudometalófitas . Estas plantas pueden estar presentes en suelos contaminados y no contaminados en la misma región. Corresponden a variantes adaptadas (ecotipos) de especies comunes.

Por último, están las especies Metalófitas accidentales que usualmente incluyen especies ruderales y anuales las cuales aparecen solo esporádicamente y muestran un reducido vigor. (p.48)

Aunque la presencia de genes para la tolerancia a metales es baja en especies no metalófitas, la alta presión selectiva de estos suelos posibilita la selección de poblaciones en especies normales con tolerancias mucho mayores que otras poblaciones de su misma especie (Becerril et al., 2007). En tanto, las plantas metalófitas y pseudometalófitas han desarrollado verdaderas estrategias de tolerancia, las metalófitas accidentales presentan claros efectos de estrés causado por la presencia de metales pesados (Baker, 1987).

4.3.3 Plantas utilizadas en fitorremediación

Lobatov, (2011), establece:

Que se conocen alrededor de 400 especies de plantas con capacidad para hiperacumular selectivamente alguna sustancia. En la mayoría de los casos, no se trata de especies raras, sino de cultivos conocidos. Así, el girasol (*Heliantus annuus*) es capaz de absorber en grandes cantidades el uranio depositado en el suelo. Los álamos (género *Populus*) absorben selectivamente níquel, cadmio y zinc. También la pequeña planta *Arabidopsis thaliana* de gran utilidad para los biólogos es capaz de hiperacumular cobre y zinc. Otras plantas comunes que se han ensayado con éxito como posible especies fitorremediadoras en el futuro inmediato son el girasol, la alfalfa, la mostaza, el tomate, la calabaza, el esparto, el sauce y el bambú. Incluso existen especies vegetales capaces de eliminar la alta salinidad del suelo, gracias a su capacidad para acumular el cloruro de sodio.

En general, hay plantas que convierten los productos que extraen del suelo a componentes inocuos, o volátiles. Pero cuando se plantea realizar un esquema de fitorremediación de un cuerpo de agua o un área de tierra contaminados, se siembra la planta con capacidad (natural o adquirida por ingeniería genética) de extraer el contaminante particular, y luego del período de tiempo determinado, se cosecha la biomasa y se incinera o se le da otro curso dependiendo del contaminante. De esta forma, los contaminantes acumulados en las plantas no se transmiten a través de las redes alimentarias a otros organismos.

4.3.3.1 Características biológicas de la especie *Capsicum annum L*

De acuerdo P&C MADERAS (2013), al P & C Maderas

- Reino: Plantae
- División: Magnoliophyta

- Clase: Magnoliopsida
- Subclase: Asteridae
- Orden: Solanales
- Familia: Solanaceae
- Subfamilia: Solanoideae
- Tribu: Capsiceae
- Género: *Capsicum*
- Especie: *Capsicum annum*

Taxonomía y morfología

La planta es un semiarbusto de forma variable y alcanza entre 0.60 m a 1.50 m de altura, dependiendo principalmente de la variedad, de las condiciones climáticas y del manejo. La planta de Chile es monoica, tiene los dos sexos incorporados en una misma planta, y es autógama, es decir que se autofecunda; aunque puede experimentar hasta un 45% de polinización cruzada, es decir, ser fecundada con el polen de una planta vecina. Por esta misma razón se recomienda sembrar semilla híbrida certificada cada año.

La especie *Capsicum annum* L. tiene una raíz pivotante, que luego desarrolla un sistema radicular lateral muy ramificado que puede llegar a cubrir un diámetro de 0.90 a 1.20 m, en los primeros 0.60 m de profundidad del suelo P&C MADERAS, (2013),

Tabla 1.- Temperaturas para el crecimiento del cultivo del ají.

ASES DE CULTIVO	TEMPERATURA (°C)		
	OPTIMA	MÍNIMA	MÁXIMA
Germinación	20-25	13	40
Crecimiento vegetativo	20-25 (día) 16-18 (noche)	15	32
Floración y fructificación	26 – 28 (día) 18-20 (noche)	18	35

Humedad: la humedad relativa óptima oscila entre el 50 % y el 70%. Humedades relativas muy elevadas, favorecen al desarrollo de enfermedades y aéreas y dificultan la fecundación. La coincidencia de altas temperaturas y baja humedad relativa puede ocasionar la caída de flores y de frutos recién cujados.

Suelo: los suelos más adecuados para el cultivo de la especie *Capsicum annum* son los franco-arenosos, profundos, ricos, con un contenido en materia orgánica del 3-4% y principalmente bien drenados. Los valores de pH óptimos oscilan entre 6,5 y 7 aunque puede resistir ciertas condiciones de acidez (hasta un pH de 5,5); en suelos enarenados puede cultivarse con valores de pH próximos a 8. En cuanto al agua de riego el pH óptimo es de 5,5 a 7. Es una especie de moderada tolerancia a la salinidad tanto del suelo como del agua de riego, aunque en menor medida que el tomate. P&C MADERAS, (2013)

4.4 Marco legal favorable para la remediación de suelo contaminados por mercurio

4.4.1 Constitución de la República del Ecuador

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 lo más importantes:

La Constitución de la República del Ecuador, (2008), dentro de la sección quinta referente a los suelos en 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.

También en el Acuerdo Ministerial 028 MAE del 13 de Febrero del 2015 en el Parágrafo II del suelo dentro de los artículos dice:

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.

4.4.1.1 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 del suelo

Parámetro	Unidades (Concentración en peso seco de suelo)	Valor
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
Cromo VI	mg/kg	0.4

Fuente: Ministerio del Ambiente 2015

Tabla 3.- Criterios de Remediación

Parámetro	*Unidades	USO DEL SUELO			
		Residencial	Comercial	Industrial	Agrícola
Parámetros Generales					
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
Parámetros inorgánicos					
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	
Cobre	mg/kg	63	91	91	40
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
Fluoruros	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

Por otra parte la Ley de Minería del Ecuador dentro de 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 METODOS

5.1 Materiales

Equipos de campo

- GPS
- Cámara
- Lampas
- Saquillos quintaleros
- Fundas Plásticas transparentes
- Flexómetro
- Pala pequeña
- Guantes
- Balanza
- Clavos
- Vigas
- Madera
- Plástico negro
- Tachuelas

Materiales de Oficina

- ✓ Hojas de papel
- ✓ Etiquetas
- ✓ Computador
- ✓ Libreta de apuntes
- ✓ Hoja de custodia
- ✓ Fichas de campo

5.2 Métodos

5.2.1 Ubicación política y geográfica del área de estudio

De acuerdo al Gobierno Autónomo descentralizado de la parroquia de San Carlos de las Minas 2011-2022:

La zona de estudio se encuentra ubicado a 5 Km del barrio Puente Azul, perteneciente a parroquia de San Carlos de las Minas, parroquia rural del cantón Zamora, cuyas coordenadas son: X= 07454443; Y= 9549795, a una altura de 1886 msnm, en la región Sur de la Amazonia Ecuatoriana, conocida por su asentamiento ubicado a orillas del rio Campanas, en cuyas riveras se realizan actividades de extracción aurífera. Su superficie es de 152.56 Km², equivalente al 14 % de la superficie total de la provincia de Zamora Chinchipe, sus límites son:

- Al Norte: parroquia Cumbaratza y Zumbi
- Al Sur: parroquia Zurmi
- Al Este: parroquias Guaysimi
- Al Oeste: parroquia Timbara (Pág 16)

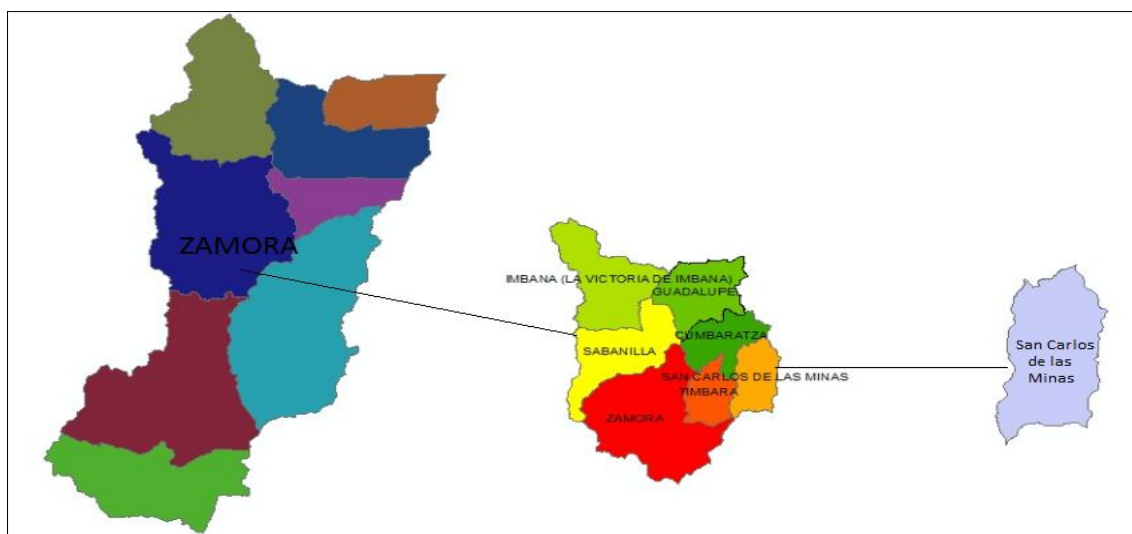


Figura 1.- Ubicación política de la parroquia San Carlos de las Minas

5.2.2 **Clima.**

De acuerdo al GAD de San Carlos de las Minas 2012-2002:

El tiempo y clima dependen directamente de las condiciones atmosféricas, así el conjunto de elementos meteorológicos en un momento dado, determinan el tiempo, mientras que los valores predominantes durante cierto intervalo de tiempo, determinan el clima. De todos los factores del medio ambiente, el clima ejerce una influencia fundamental sobre la biota. Ciertos elementos climáticos como la temperatura, la precipitación y la humedad desplazan a los demás en su importancia ecológica.

La parroquia de San Carlos de las Minas cuenta con algunos climas, dependiendo de la ubicación, ya que su topografía es muy irregular, pero de forma general cuenta con clima húmedo subtropical cuya temperatura media anual está entre 18 y 22° c. Los meses de menor temperatura promedio son de Junio , Julio, Agosto, Septiembre, y los meses de mayor temperatura promedio son: Octubre, Noviembre, Diciembre, Enero, Febrero, Marzo, Abril y Mayo . (Pág. 17)

5.2.3 **Suelo**

En el sector de San Carlos de las Minas se identificaron dos tipos de profundidades, un tipo de suelo superficial que van entre 0 - 50 cm, que se encuentra en toda la parte escarpada de la parroquia y un suelo profundo entre 50 – 100 cm, que se encuentra en especial en la parte aluvial de la parroquia, cabe mencionar que este sector está intervenido por el movimiento de la maquinaria minera para la extracción de oro y en estudios realizados años atrás por parte de Ecorae, se identificaron dos grupos de suelos que son los Tropepts ácidos, parduscos o rojizos, formados a partir de rocas ácidas de diverso origen y el segundo grupo perteneciente a suelos Tropofluents que son Fluents de zonas húmedas a húmedo secas, con temperaturas cálidas. (GAD de San Carlos de las Minas 2012-2022, P. 31)

5.3 Planteamiento de hipótesis

a) Hipótesis de Investigación

La descontaminación del suelo contaminado por mercurio en el sector de Puente Azul , depende del potencial fitorremediador de la especie *Capsicum Annuum L.*

Operación de hipótesis

Tipo de investigación

La presente investigación tiene un enfoque experimental cuantitativo, con un tratamiento y tres repeticiones.

Enfoque: Cuantitativo

Alcance del estudio: Correlacional

5.4 Variables

Variable Independiente: Nivel de descontaminación del suelo por mercurio

Variable Dependiente: Potencial fitorremediador de la especie *Capsicum Annuum L.*

Operación de la variable:

1. Análisis para determinación de mercurio en el suelo antes y posterior al proceso de fitorremediación, expresado en porcentaje de descontaminación.

2. Análisis para la determinación de las propiedades físicas químicas del suelo

- Textura
- pH
- Materia orgánica
- Conductividad eléctrica

Variable Dependiente: Nivel de descontaminación de suelos por mercurio.

5.5 Diseño del experimento

Para el diseño implementado se realizó un tratamiento con tres repeticiones en donde se sembró la especie *Capsicum annum L.* en el suelo contaminado, en donde se tomó en cuenta una muestra testigo para poder comparar con los resultados finales



Figura 2.- Diseño de tratamientos

5.6 Diseño experimental

El experimento se desarrolló en base al método estadístico no paramétrico denominado “Chi-Cuadrado o X²”, aplicándose a los resultados del análisis de laboratorio a realizarse en las repeticiones tratamientos del ensayo.

5.6.1 Modelo matemático

El método estadístico establecido se basó en la siguiente fórmula:

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

Dónde: f_o = Frecuencia del valor observado

f_e = Frecuencia del valor esperado

5.7 Metodología para el primer objetivo específico

Determinar el grado de contaminación actual del suelo por mercurio, en el sector de Puente Azul, parroquia San Carlos de las Minas, cantón Zamora, provincia de Zamora Chinchipe.

5.7.1 Recopilación de información secundaria

Se recolectó información de estudios técnicos existentes acerca de cómo se ha venido dando la minería aurífera en el sector, y los métodos de recuperación que se han dado en la zona, asimismo del PDOT de la parroquia San Carlos de las Minas, se obtuvieron los datos demográficos limitaciones, como información y datos relevantes acerca del área de estudio.

5.7.2 Entrevista



Fotografía 1.- Encuesta

Para realizar la caracterización y obtener información detallada en el lugar de estudio se aplicó una entrevista al Señor Cesar Romero propietario del terreno a investigar para conocer cuáles son los principales problemas suscitados en su localidad ocasionados por la minería (Ver anexo 1)

5.7.3 Observaciones de campo

Se realizaron recorridos de campo conjuntamente con el dueño del terreno, con el fin de localizar donde fueron los principales puntos de contaminación producto de la actividad minera (Ver anexo 2)



Fotografía 2.- *Recorridos de campo en el sector*

5.7.4 Preparación del lugar

El lugar donde se efectuó el presente trabajo de investigación fue en el barrio 10 de Noviembre, perteneciente a la ciudad de Zamora, y se lo desarrolló de manera ex-situ, en donde se realizó la construcción y adecuación del sitio para su respectivo ensayo.



Fotografía 3.- Ubicación del lugar a desarrollar el ensayo

5.7.5 Muestreo

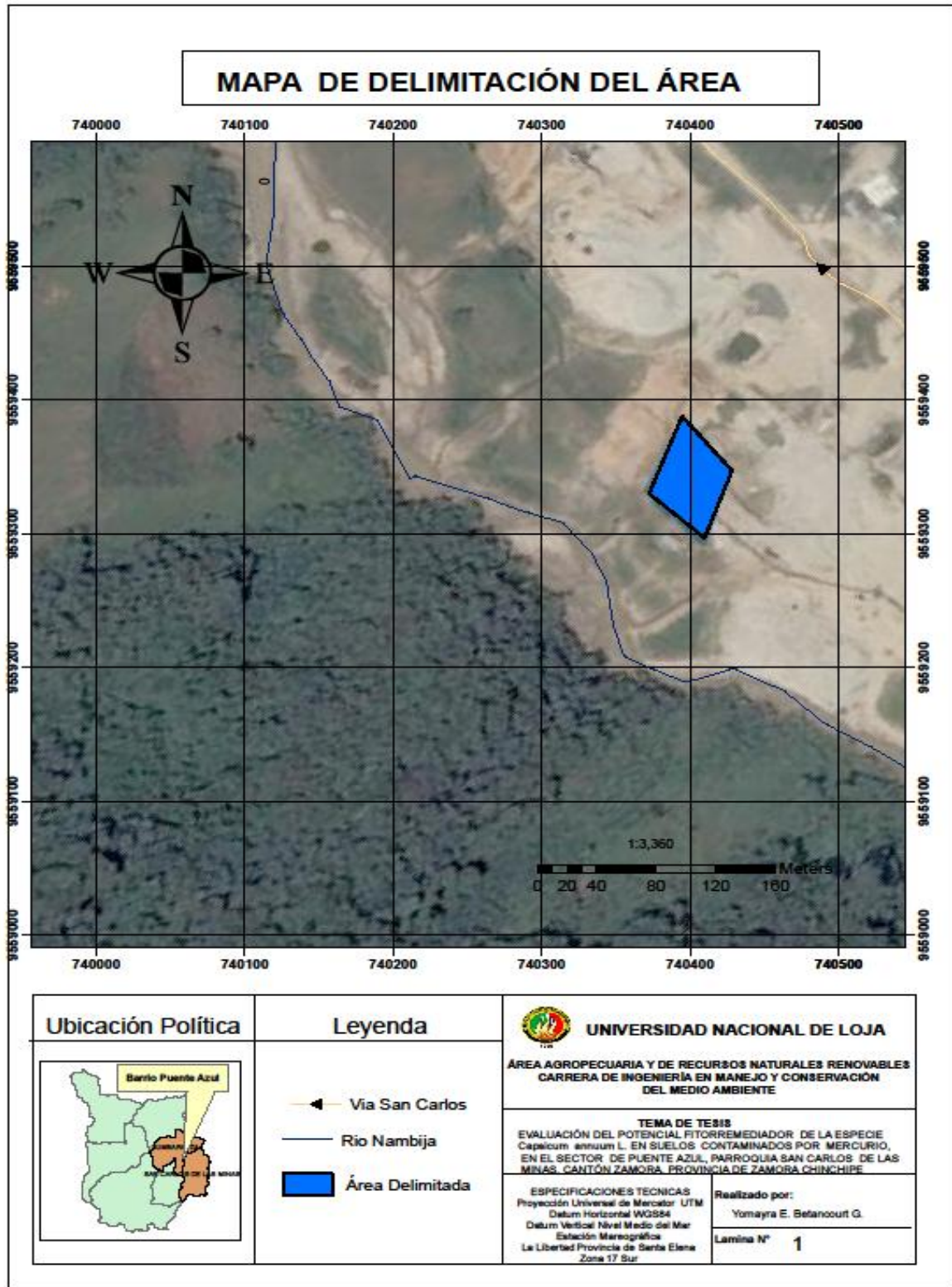
El muestreo del suelo contaminado se lo realizó mediante los siguientes lineamientos de muestreo establecidos en el Acuerdo Ministerial 028.

5.7.6 Delimitación del área a muestrear



Fotografía 4. -*Delimitación del área*

En el terreno del señor Cesar Romero, se procedió a tomar cuatro puntos con el GPS, cerrando un polígono de 50 m², los cuales fueron georreferenciados y representados en un mapa.



Mapa 1.-Mapa de delimitación del área

5.7.7 Tipo de muestreo

El muestro aplicado en la presente investigación fue simple al azar, ya que el suelo utilizado para la explotación aurífera se encontró en la superficie y el área de estudio es fue homogénea menor a 5 hectáreas.

5.7.8 Profundidad de muestreo

Debido a que los suelos del sector de San Carlos de las Minas están contaminados principalmente con Mercurio (Hg) y este tiende a infiltrarse en los suelos la muestra fue tomada a 30 cm de profundidad.



Fotografía 5.- Profundidad de muestreo

5.7.9 Tipo de muestra

En el presente estudio de investigación en el tratamiento 1 se aplicaron 4 muestras puntuales que corresponden a las 3 repeticiones aplicadas y la testigo.

5.7.10 Construcción de platabandas

Para el presente estudio se construyeron platabandas de madera de: 0.95 m de largo, 0.50 m de ancho y 20 cm de alto, con drenajes en su parte inferior para facilitar la evacuación del agua, y así evitar que las plantas se pudran, de la misma forma se acondicionaron recolectores de agua para almacenar los excesos de agua generados por el riego de las plantas.

5.7.11 Obtención del suelo contaminado

El suelo fue extraído del terreno del señor César Romero, el mismo que fue recolectado en saquillos para ser transportados hacia el lugar de ensayo aproximadamente se obtuvo 0.38 m³ de sustrato

Seguidamente se llenó la ficha de caracterización de suelos (ficha de campo) donde se encuentra la información necesaria referente al lugar donde se tomó la muestra con los siguientes parámetros: coordenadas, altitud, condiciones climáticas.

5.7.12 Inspección de campo

Ficha técnica para caracterización de suelos

Provincia: Zamora Chinchipe

Parroquia: San Carlos de las Minas

Cantón: Zamora

Sector: Puente Azul

Código: 001

Coordenadas UTM:

X	740392
Y	9559337

Altitud: 960 m.n.m

Foto

Condiciones climáticas: invierno ()

Verano (x)

Cantidad de la muestra tomada: 0.30m³...

Profundidad de la toma de muestra (cm): 0.30



Descripción del lugar

El área de estudio se encuentra ubicado en las riveras del río Nambija en la parroquia San Carlos de las Minas en el sector de Puente Azul donde se realizaba minería de tipo artesanal y pequeña minería hace un año atrás

5.7.13 Toma de la muestra

Para la recolección de las muestras del sustrato contaminado, se basó en los siguientes pasos:

1. Se recolectaron 2 kg de sustrato de cada una de las repeticiones incluyendo la testigo, pasándolos por un tamiz con el fin de que las muestras sean lo más representativas posibles.



Fotografía 6. *Tamizado*

2. Para evitar la contaminación de las muestras y contaminaciones cutáneas producidos por el contaminante en estudio se utilizaron guantes quirúrgicos al momento de recolectar las muestras.

3. Por cada una de las repeticiones incluyendo la testigo se recolectó 1 kg de sustrato sólido, peso que fue dado por el laboratorio para su respectivo análisis.



Fotografía 7. *Cantidad de muestra recolectada*

5.7.14 **Etiquetado de la muestra**

Una vez tomadas las muestras fueron inmediatamente etiquetadas bajo los siguientes códigos: RT001 que corresponde a la primera repetición del tratamiento, RT002 correspondiente a la segunda repetición del tratamiento, RT003 perteneciente a la tercera repetición del tratamiento y T01 que pertenece a la muestra testigo uno.

La etiqueta se colocó en un lugar visible sin sobrepasar las dimensiones de la funda recipiente en la que consto la siguiente información (Ver anexo 3).

- ✓ Código de la muestra
- ✓ Fecha

- ✓ Cantidad de suelo obtenido
- ✓ Coordenadas UTM
- ✓ Hora de recolección
- ✓ Responsable



Fotografía 8.- Etiquetado de muestra

5.7.15 Traslado de las muestras y cadena de custodia

Las muestras fueron acompañadas por la cadena de custodia, desde su toma hasta el respectivo ingreso al laboratorio. El laboratorio incluyó una copia de la cadena junto con los resultados de los análisis

La cadena de custodia fue construida en base a los siguientes parámetros:

- El nombre de la empresa
- Nombre del responsable del muestreo.
- Nombre del proyecto
- La fecha del muestreo.
- Hora de muestreo
- Identificación de la muestra.

- Nombre del laboratorio que recibe las muestras.
- Los análisis o la determinación requerida.
- El número de muestras
- Observaciones

5.7.16 **Parámetros a analizar**

Los parámetros evaluados fueron tomados en cuenta las propiedades físicas y químicas que se presentan a continuación:

- Materia orgánica
- Textura.
- Conductividad eléctrica
- Mercurio
- pH

5.7.17 **Almacenamiento y transporte de la muestra al laboratorio**

La muestra obtenida se la conservo en un lugar oscuro y fresco en coolers a una temperatura promedio de 2 a 5 °C, hasta ser enviada al laboratorio GRUNTEC , ubicado en el cantón de Yanzatza, el tiempo transcurrido entre la toma de muestras hasta él envió al laboratorio fue de 2 horas.

5.7.18 **. Análisis de resultados**

Los datos obtenidos de los resultados brindados por el laboratorio se los interpreto y analizo enfatizando su nivel de toxicidad que se encontró en el suelo referenciando con la normativa legal vigente que se encuentra en el Acuerdo Ministerial 028, Tabla 2. Criterios de Remediación (Valores máximos permisibles).

5.7.19 Tipo de recipiente y conservación de la muestra

Se utilizó una funda ziploc hermética, para salvaguardar la integridad de la muestra recolectada se procedió a colocar de forma ordenada en un cooler con el fin de que las muestras no sufran alteraciones físico-químicas.



Fotografía 9.- Recipientes para la conservación de la muestra

5.8 Metodología para el segundo objetivo

Evaluar el potencial fitorremediador de la especie *Capsicum Annuum* en suelos contaminados por mercurio debido a la presencia de la minería aurífera, en el sector de Puente Azul, parroquia San Carlos de las Minas, cantón Zamora, provincia de Zamora.

Para dar cumplimiento al segundo objetivo se tomó en cuenta los resultados de los análisis de suelos obtenidos del primer objetivo.

5.8.1 Adquisición de las plantas

La especie *Capsicum annum L*, fue obtenida en un vivero de producción de plantas en la ciudad de Gualaquiza

5.8.2 Siembra de las plantas en el suelo contaminado

Una vez obtenido el suelo y luego de ser colocado en las platabandas, se procedió a la siembra de 8 plantas por platabanda las mismas que fueron sembradas a una distancia de 20 cm cada una.

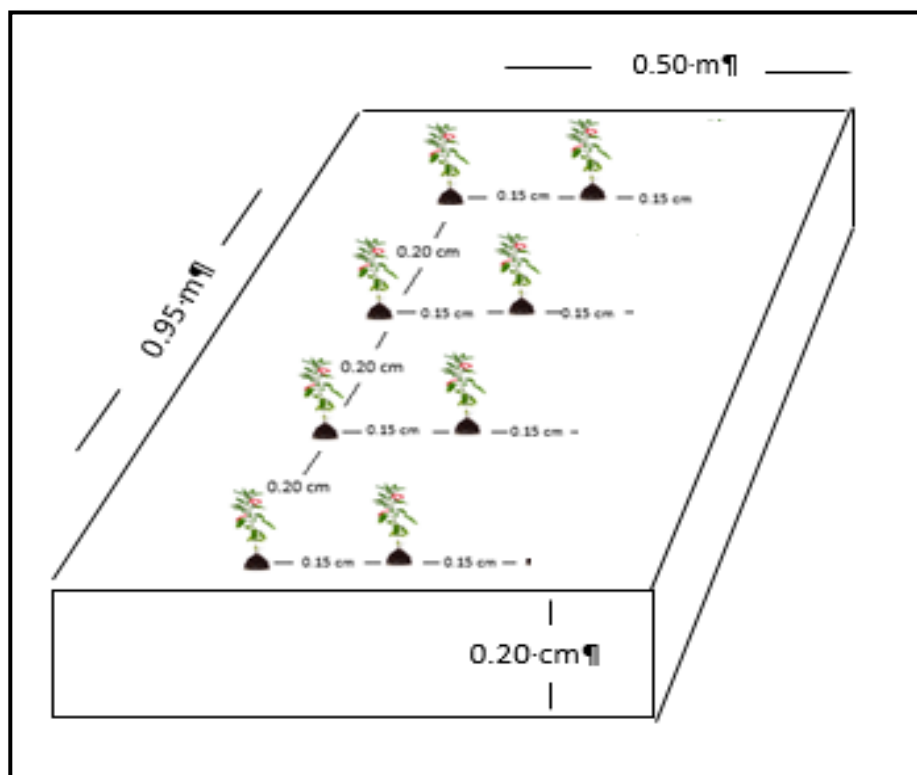


Figura 3.- Diseño de la siembra de la especie *Capsicum annum L*.

5.8.3 Densidad de siembra

La densidad de siembra es de 8 plantas por cada repetición con una población total de 24 plantas.

5.8.4 **Monitoreo y control**

Para el seguimiento de la especie se realizaron monitoreos dos veces a la semana en el primer mes y a partir del segundo mes los monitoreos fueron realizados quincenalmente con el fin de verificar que no exista la presencia de plagas o muerte de alguna planta, tomando en cuenta las características morfológicas de la especie

Para el seguimiento y control de cada especie se codificará cada una de las plantas y haciendo uso de matrices de registro, se tomó en cuenta las siguientes variables:

- Código
- Altura de las plantas
- Numero de hojas
- Número de flores
- Número de frutos
- Número de hojas con clorosis

- Mortalidad



Fotografía 10.- Monitoreo y control

5.8.5 Toma de muestra de suelo

Una vez terminado el proceso de control y seguimiento de las plantas, se realizó el retiro de las mismas para obtener una muestra puntual de 1 kg de cada uno de las repeticiones más una testigo, para luego ser enviada al laboratorio.

5.8.6 Tipo de recipiente y conservación de la muestra

Se utilizó funda tipo ziploc hermética, para salvaguardar la integridad de la muestra recolectada, luego se procedió a colocar de forma ordenada en un cooler con el fin de que las muestras no sufran alteraciones físico-químicas.

5.8.7 Etiquetado de la muestra

El etiquetado fue realizado inmediatamente después de recolectar cada una de las muestras.

La etiqueta se colocó en un lugar visible en la que se tomó en cuenta la siguiente información:

- Código de la muestra
- Fecha
- Cantidad de suelo obtenido
- Hora de recolección
- Responsable

5.8.8 Traslado de las muestras y cadena de custodia

Las muestras fueron acompañadas por la cadena de custodia, desde su toma hasta el respectivo ingreso al laboratorio. El laboratorio incluyó una copia de la cadena junto con los resultados de los análisis.

La cadena de custodia constó de lo siguiente:

- 1) El nombre de la empresa
- 2) Nombre del responsable del muestreo.
- 3) Nombre del proyecto
- 4) La fecha del muestreo.
- 5) Hora de muestreo

- 6) Identificación de la muestra.
- 7) Nombre del laboratorio que recibe las muestras.
- 8) Los análisis o la determinación requerida.
- 9) El número de muestras
- 10) Observaciones

5.8.9 Parámetros a analizar

Dentro de los parámetros a evaluados se tuvieron en cuenta las propiedades físicas y químicas que se enumeran a continuación:

1. Materia orgánica
2. Textura.
3. Conductividad eléctrica
4. Mercurio
5. pH

5.8.10 Interpretación y análisis de resultados

Con los resultados obtenidos se pudo observar el nivel de toxicidad que se encontraban en el suelo y se procedió a realizar la interpretación de los mismos, basándose en la normativa legal vigente del Acuerdo Ministerial 028. Tabla 2. Criterios de Remediación (valores máximos permisibles), seguidamente fueron comparados con los resultados que fueron obtenidos en el diagnóstico del primero objetivo.

6 RESULTADOS

6.1 Recopilación de información secundaria

6.1.1 Cuencas Hidrográficas y Red Hídrica

De acuerdo al GAD de San Carlos de las Minas (2102-2022), la parroquia de San Carlos está conformada por una cuenca hidrográfica que a su vez forma parte de la gran cuenca del río Zamora.

Tabla 4 *Lista de los principales cuerpos de agua*

Nombre de la Quebrada	Nombre del cuerpo de Agua Receptor
Quebrada del Hierro	
Quebrada del Oro	
Quebrada la Blanca	
Quebrada el Diamante	
Quebrada de Cungue	Rio Nambija
Quebrada de Campanas	
Quebrada de Cumay	
Quebrada Namacuntza	

Fuente:GAD parroquial de San Carlos de las Minas.

6.1.2 Calidad de Agua

Según el GAD de San Carlos de las Minas, establece que:

El agua de las fuentes hídricas de la parroquia se encuentra en estado regular debido a dos razones principales, la actividad minera descarga sus efluentes principalmente en el río Nambija, mientras que por otro lado existen descargas de aguas negras de la mayor parte de las viviendas de la parroquia. En el pasado la población de San Carlos contaba con una planta de tratamiento de aguas servidas, la cual dejó de funcionar hace algunos años, de la necesidad de habilitarla nuevamente. Situación similar sucede

con las aguas contaminadas por la minería, ante lo cual es urgente considerar una medida de gestión de las aguas de los ríos y quebradas de la parroquia.

6.1.3 Suelos

Maldonado et al., citado por el GAD parroquial de San Carlos de las Minas (2012) establecen que:

Lo suelos de este sector son rojos a pardo amarillentos, arcillosos con alteración profunda, con arcilla tipo caolinita y goethita, a veces gibsita. Los suelos tienen un epipedón más claro, en áreas húmedas.

Presentan un relieve ondulado y vertientes de fuertes pendientes ($P > 12\%$) y se ubican en una altitud de 1200 a 2800 msnm. Respecto del Régimen de Húmedo de Suelo (RHS) se establece que estos suelos son de tipo Údico, es decir que los suelos permanecen secos en todo el perfil por tres meses consecutivos. Respecto del Régimen de temperatura del suelo (RTS) pertenecen al grupo de los isohipertérmico, lo que quiere decir que la temperatura media anual del suelo es de 20°C o mayor. Presentan texturas arcillosas, arcillo-limosas; a veces horizontes superficial orgánico fibroso (epipedón hístico); pH ácido y baja fertilidad del suelo (p.29)

6.1.4 Actividad Minera

De acuerdo al GAD de la parroquia de San Carlos de las minas establece que:

San Carlos de la Minas es conocida por ser una parroquia eminentemente minera, siendo el barrio Nambija el punto central de esta actividad en el sector. La minería se viene desarrollando desde inicios de la década de los ochentas, a través de la participación de gente proveniente de varias partes del país. Con el paso de los años el auge del oro motivó la presencia de miles de personas en Nambija, a tal punto que en este asentamiento hubo

un momento donde la población alcanzó alrededor de los 20000 habitantes (en 1985), más que cualquier parroquia en la provincia de Zamora Chinchipe; sin embargo, un deslave de tierra en este sector del Tierrero en el año de 1993 causó la muerte de cientos de trabajadores mineros, lo que motivo a la autoridad estatal a tratar el problema, con lo cual otros centenares trabajadores salieron de Nambija; actualmente su población bordea los 1400 habitantes, a esta situación se sumó otro factor que fue la disminución de la producción de oro.

Existen distintos grupos sociales que laboran en minería, mestizos, colonos, afroecuatorianos, indígenas Shuar y Saraguros. A nivel familiar casi todos los miembros mayores de edad intervienen en estas labores, ya sea directamente como trabajadores mineros (mineros, pequeños mineros, canaloneros, entre otros) o indirectamente como prestadores de otros servicios (restaurantes, tiendas, etc).

El interés por el oro ha motivado, desde los inicios mismos de Nambija, conflictos por el acceso a este mineral, mismos que hasta la actualidad se mantienen, más aun cuando el precio del metal se ha incrementado y por la carencia de concesiones reconocidas como legales por parte del Estado ecuatoriano. Sin embargo la productividad en el transcurrir de los años ha ido disminuyendo, ante lo cual los mineros se han acostumbrado a percibir cada vez menores ingresos económicos.

En la parroquia San Carlos de las Minas se dan tres tipos de operaciones mineras: Minería artesanal, pequeña minería y minería industrial a mediana escala. (p, 47)

Tabla 5 Síntesis de la Problemática del Sistema Ambiental en la Parroquia San Carlos de las Minas.

Problema	Manifestación	Causa	Involucrados	Ubicación	Relación con otros problemas	Magnitud	Posibles soluciones
Deforestación	-Pérdida de cobertura vegetal.	-Expansión de la frontera	Empresas mineras	Partes medias y altas de la Parroquia	Erosión e inestabilidad de suelos	Media	-Exigir el cumplimiento de los planes de Ambientales contemplados en la Ley.
	Fragmentación de hábitats.	Agrícola, trochas y caminos,	Comuneros Gobiernos locales				-Proyectos de buenas prácticas agrosilvopastoriles y reforestación.
Contaminación de agua	Pérdida o disminución de especies.	-Desbroce de vegetación por actividades minería.	Gobiernos cantonal, provincial y nacional.				
	Pérdida de biodiversidad.	Efluentes mineros a cuerpos de agua.	Mineros artesanales	Toda la parroquia, con mayor énfasis en sectores de explotación de recursos minerales	Deforestación, enfermedades.	Alto	-Exigir el cumplimiento de los planes de ambientales contemplados en la Ley.
	Limitaciones en uso y destino del recurso.	Remoción de material mineral en el lecho de los ríos.	Empresas mineras Población en general				Trabajar con planes de manejo de residuos sólidos.
	Calidad del recurso.	Eliminación de aguas					Establecer planes
Posible afectación de la cadena trófica del							

	río Zamora (aguas abajo)	residuales y residuos sólidos en cuerpos de agua. Eliminación de aguas servidas de las poblaciones de la parroquia					de manejo de la cuenca hidrográfica.
Contaminación, perdida y erosión del suelo	-Pérdida del suelo cultivable y baja en productividad. -Erosión. -Inestabilidad de taludes. -Hundimientos. -Ubicación inadecuada de escombreras.	-Prácticas agropecuarias y mineras inadecuadas	Empresas mineras Mineros artesanales	Toda la parroquia, con mayor énfasis en sectores de explotación de recursos minerales	-Erosión e inestabilidad de suelos - Contaminación de aguas Enfermedades	Alta	Exigir el cumplimiento de los planes de ambientales contemplados en la Ley. Control Social en el cumplimiento

Alteración del Cause de los cuerpos de agua	Pérdida de biodiversidad acuática y ribereña. Presencia de grandes cantidades de sedimentos en el agua.	Explotación minera al interior de ríos y quebradas	Empresas mineras	Ríos y quebradas principales	Erosión e inestabilidad de suelos Contaminación de aguas Enfermedades	Alta	Exigir el cumplimiento de los planes de ambientales contemplados en la Ley.
Inaplicabilidad normativa ambiental a nivel local.	Diversos problemas de contaminación y degradación ambiental	Desconocimiento de la normativa ambiental por parte de autoridades y ciudadanía local.	Entidades gubernamentales y de la sociedad civil presentes en la parroquia	Toda la parroquia	Degradación y contaminación ambiental.	Alta	Desarrollar programas de capacitación en temas de gestión de recursos naturales. Convenios de cooperación interinstitucional para fortalecer el talento humano en temas de gestión ambiental y social.

Fuente: Conesa 2010, adaptado por EL GAD parroquial de San Carlos de las Minas 2012

6.1.5 Entrevista

De la entrevista realizada al Señor Cesar Romero propietario del terreno donde se realizó el trabajo de investigación, se puede manifestar que la minería en el sector de San Carlos de las Minas se ha venido desarrollando desde hace aproximadamente 20 años.

La explotación minera en San Carlos de las Minas se ha realizado bajo dos modalidades de minería como son: Pequeña Minería y Minería Artesanal, siendo esta última la más dañina y contaminante tanto para el ambiente como para la salud de quienes habitan en el sector y particularmente para quienes se encuentran realizando este tipo de actividad, pues en muchos casos se la realiza sin los permisos correspondientes por parte de la Autoridad Ambiental competente (MAE). Actualmente, la parroquia San Carlos de las Minas cuenta con un sin número de áreas que han sido abandonadas, clausuradas y cerradas por no contar con los permisos ambientales necesarios de operación, ya que en años anteriores para la separación y recuperación del oro se utilizaba en grandes cantidades el mercurio, conllevando a un serio impacto ambiental al agua, el aire y el suelo al no existir ninguna medida de remediación ni control ya que lamentablemente la eficacia de las acciones de las distintas entidades de regulación y control son incipientes, y por ende no son eficaces para la recuperación de suelos que se ven afectados por este tipo de contaminación producto de la minería artesanal.

En cuanto a los principales problemas suscitados a causa de la minería en el sector de San Carlos de las Minas se presentan los problemas ambientales como sociales, ya que hace un año atrás hubo un conflicto dentro de su

propiedad donde se realizaba pequeña minería y en el que actualmente no cuenta con ningún tipo de medida remediadora

En la actualidad los terrenos del señor Cesar Romero no son destinados para ningún tipo de producción ya que son suelos infértiles

6.1.6 Observaciones de campo

Cuadro 1.- Puntos de contaminación producto de la actividad minera

Puntos de contaminación			
Actividad	Contaminante	Coordenadas	
		X	Y
Minería	Mercurio	740391	9559335
Minería	Mercurio	740407	9559342
Minería	Mercurio	740437	9559440

6.1.7 Resultado de los Análisis de suelo

Cuadro 2.- Resultados iniciales del Análisis de Laboratorio

MUESTRAS DE SUELO (Inicial)					Acuerdo Ministerial 028 Tabla 1. Criterios de calidad del suelo
Numero de muestras	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	
Código de muestra	RT001	RT002	RT003	T01(Testigo)	
PARÁMETROS ANALIZADOS					
Mercurio (mg/kg)	101	90	65	66	0.1mg/kg
pH	4.5	4.5	4.4	4.6	6 a 8
Conductividad (uS/cm)	43.7	44	43.4	41.9	200 uS/m
Materia Orgánica (%)	0.4	0.2	0.3	0.4	-----
Textura	Franca	Franca	Franca	Franca	-----

Elaborado por el autor

Cuadro 3.- Resultados finales del Análisis de Laboratorio

MUESTRAS DE SUELO (Final)					Acuerdo Ministerial 028 Tabla 2. Criterios de remediación del suelo
Numero de muestras	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	
Código de muestra	RT001	RT002	RT003	T01(Testigo)	
PARÁMETROS ANALIZADOS					
Mercurio (mg/kg)	23.70	35.1	12.4	19.8	0.1mg/kg
pH	4.33	4.12	3.62	4	6 a 8
Conductividad (uS/cm)	78.0	57.3	72.9	62.0	200 uS/m
Materia Orgánica (%)	1.55	1.29	1.64	1.20	-----
Textura	Franco-Arenosa	Franco-Arenosa	Franco-Arenosa	Franco-Arenosa	-----

Elaborado por el autor

Cuadro 4.- Matriz del análisis final del análisis de suelo

Parámetros	Promedio de Tratamiento			Testigo (T01)		
	Inicial	Final	Tratamiento	Inicial	Final	Testigo
Mercurio (mg/kg)	85,33	23,73	57,1	66	19,8	42,9
pH	4,6	4	0,6	4,6	4,0	0,6
Conductividad (us/mm)	43,7	69,4	25,7	41,9	62	20,1
Materia Organica (%)	0,13	1,49	1,4	0,4	1,2	0,8

Elaborado por el autor

Interpretación de resultados

- **Mercurio (Hg)**

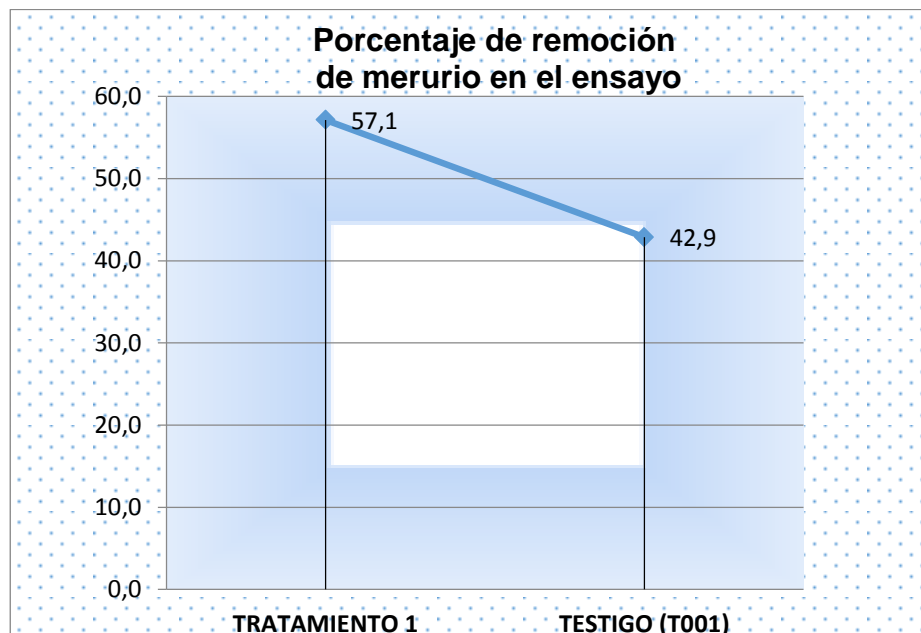


Figura 4.- Disminución de mercurio en el tratamiento

De acuerdo a la figura 4 se evidencia que luego del ensayo realizado se obtuvo el 57,1% de remoción de mercurio en el tratamiento 1, mientras que la muestra testigo obtuvo el 42,9 % de descontaminación.

- pH

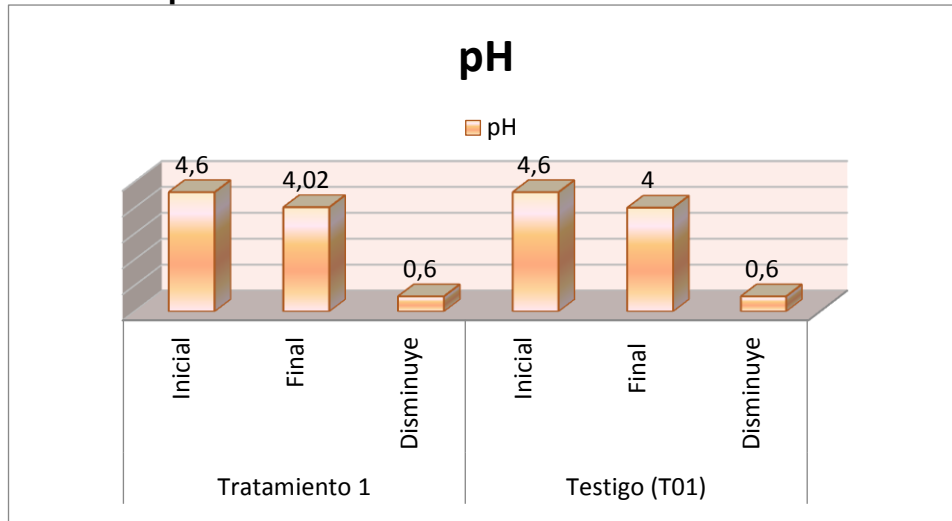


Figura 5.- Disminución de pH en el tratamiento

Mediante el análisis de laboratorio se constató que el pH es fuertemente ácido pues sus valores tanto iniciales como finales están entre los rangos de 4.6 y 5.5

- **Materia Orgánica**

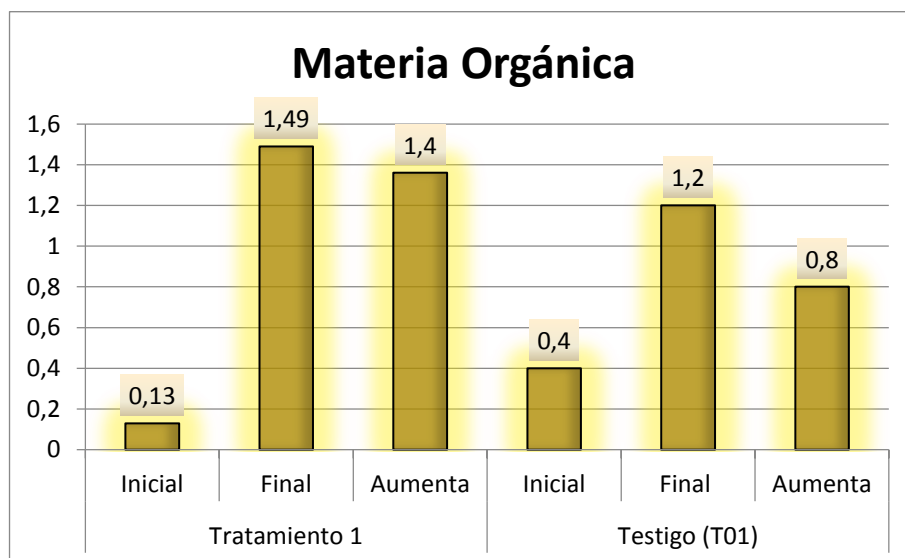


Figura 6.- Aumento de materia orgánica en el tratamiento

De acuerdo a la figura 6 se evidencia un incremento de .1.4 % de materia orgánica en el tratamiento 1, y de 0.8 % para la muestra testigo.

- **Textura**

Mediante los análisis de laboratorio se determinó que la textura que presentan los suelos pertenecen a texturas medias, con un suelo franco, es decir que este tipo de suelos pueden ir acompañados de partículas de gravilla y cascajo.

6.1.8 **Seguimiento y control de la especie *Capsicum Annum L.***

Para realizar el seguimiento y control de la especie en investigación se realizaron seguimientos semanales en su primer mes de siembra y monitoreos quincenales durante los siguientes tres meses, con el fin de evaluar el crecimiento y desarrollo de las plantas en estudio, los datos obtenidos en los monitoreos corresponden a: Altura, Número de hojas, Número de frutos, Número de flores, Número de hojas con clorosis y la mortalidad de la especie sembrada en cada una de las repeticiones propuestas.

A continuación se presenta el índice de crecimiento que se obtuvo de las 3 repeticiones propuestas.

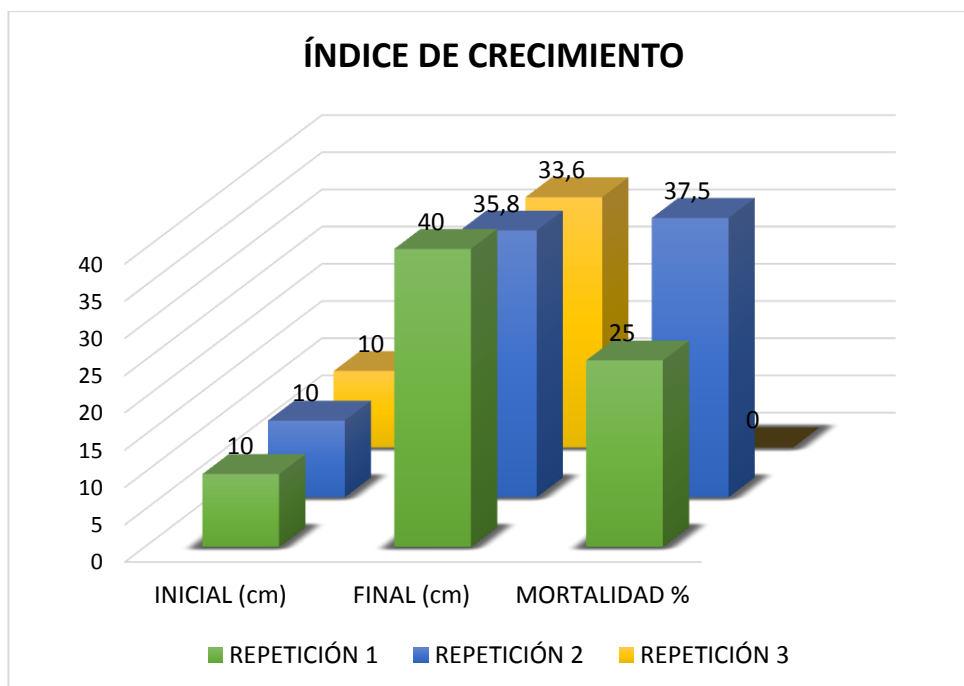


Figura 7.-. Índice de crecimiento y mortalidad de la especie *Capsicum annum*

En la gráfica 1.se puede mostrar que durante los 105 días de monitoreo, la especie *Capsicum annum L.* en la primera repetición obtuvo un crecimiento promedio de 40 cm, siendo en esta repetición donde más llegaron a desarrollarse las plantas, a diferencia de las repeticiones 2 y 3 en las que el crecimiento de la especie fue de aproximadamente 36 cm, en la variable de mortalidad por tratamientos se obtuvo una mortalidad de 25 % para el tratamiento 1, y 37.5 % para el tratamiento 2.

6.1.9 Cálculo del valor de Chi-cuadrado

6.1.9.1 Diseño experimental

El experimento se desarrolló en base al método estadístico no paramétrico denominado “Chi-Cuadrado o X²”, aplicando a los resultados finales del análisis de laboratorio.

Cuadro 5- Frecuencias observadas en las repeticiones

PARÁMETRO	REPETICIÓN			Σc
	1	2	3	
pH	4.33	4.12	3.62	12.07
Conductividad	78.0	57.3	72.9	208.2
Mercurio	23.7	35.1	12.4	71.2
Materia Orgánica	1.55	1.29	1.64	4.48
Σf	107.58	97.81	90.56	$\Sigma total$ 295.95

Elaborado por el autor

6.1.9.2 Calcular el valor Chi-cuadrado

Para la obtención del cuadro de contingencias para frecuencias esperadas se tomó en cuenta el cuadro de frecuencias observadas, en donde indican los análisis de resultados finales obtenidos de cada repetición y se aplicó la siguiente fórmula

$$fe = \frac{\Sigma c * \Sigma f}{\Sigma total}$$

Donde:

 Σc = Sumatorias total de las columnas Σf = Sumatoria total de las filas $\Sigma Total$ = Sumatoria total de los valores de la tabla**Cuadro 6.-** Contingencias para frecuencias esperadas

PARÁMETRO	REPETICIÓN		
	1	2	3
pH	4.3875	3.9891	3.6934
Conductividad	75.682	68.8091	63.7087
Mercurio	25.882	23.5312	21.7870
Materia Orgánica	1.629	1.4806	1.3709

Elaborado por el autor

Luego de haber obtenido el cuadro de contingencias para frecuencias esperadas se procedió a realizar el cálculo del Chi- Cuadrado mediante a siguiente formula:

$$x^2 = \sum \frac{(fo-fe)^2}{fe}$$

Donde:

x^2 = Chi- Cuadrado

fo=Frecuencia de valor observado

fe= Frecuencia de valor esperado

Resultado de Chi-cuadrado

$$x^2=(4.33-4.387)^2/4.3875+(4.12-3.989)^2/3.989+(3.62-3.6934)^2/3.6934+ (78.0-75.682)^2/75.682+(57.3-68.809)^2/68.809+(72.9-63.708)^2/63.7087+(1.55-1.629)^2/1.629+(1.29-1.480)^2/1.4806+(1.64-1.3709)^2/1.3709+(23.70-25.882)^2/25.882+(35.1-23.5312)^2/23.5312+(12.4-21.7870)^2/21.7870$$

$$x^2=0.0075+0.0042+0.00128+0.4181+0.2194+0.0088+0.0004+0.0062+0.3092+11.1286+5.977$$

$$x^2 = 13.3256$$

6.1.9.3 Determinación del Nivel de significancia

$$p=(1-0.05)$$

$$p= 0.95\%$$

6.1.9.4 Determinación del Grado de libertad

$$gl= (N^{\circ}c-1)(N^{\circ}f-1)$$

$$gl=(3-1)*(4-1)$$

$$gl=(2)*(3)$$

$$gl= 6$$

6.1.9.5 Obtención del Valor crítico

CÁLCULO DE VALOR CRÍTICO		
chi ²	≤	vc
13.3256		12.592

El valor calculado para Chi cuadrado es 13.3256 siendo menor que el valor crítico (12.592), por lo tanto se rechaza la Hipostesis alternativa y se acepta la hipótesis central.

7 DISCUSIÓN

7.1 Discusión de los resultados en base a los resultados obtenidos

Actualmente los suelos del sector de Puente Azul han sido sometidos a varios procesos de minería, ya sea esta de tipo artesanal o como pequeña minería, procesos que se han llevado a cabo bajo el control del Ministerio del Ambiente y la Agencia de Regulación y control Minero entidades reguladoras que actualmente no cuentan con el personal necesario para realizar inspecciones a cada una de las áreas y de esta manera llevar un control rígido de cada una, razón por la cual en algunos casos debido a la necesidad de buscar un sustento familiar y mediante una forma de recuperación de oro eficaz, el proceso de minería es llevado a cabo mediante el uso de mercurio o azogue para llevar el proceso de amalgación, el cual consiste en la recuperación de oro a través del concentrado de mercurio con agua con el fin de que las partículas de mercurio se adhieran al oro, una vez separado el amalgama del concentrado se lo retira con ayuda de telas que son exprimidas para de esta manera recuperar el mercurio que no ha reaccionado, una vez terminado este proceso se obtiene el amalgama la cual es quemada a través de un soplete con el fin de recuperar el oro mediante la evaporación del mercurio, conllevando así a una seria contaminación del aire, agua y suelo, confirmando de esta manera los resultados obtenidos de laboratorio los cuales presentan niveles de 85.33 mg/Kg de concentración de mercurio, sobrepasando los límites máximos permisibles establecidos por el MAE, que es de 0.1 mg/Kg para criterio de calidad de suelo y 0.8 para criterio de remediación para uso de suelos agrícolas.

El área de investigación presenta un porcentaje de 0.32 % de materia orgánica, mediante el cual se puede evidenciar como los procesos de intervención minera en el área de San Carlos de las Minas han afectado a la pérdida de materia orgánica del suelo debido a la presencia y toxicidad del mercurio

- **Mercurio (Hg)**

De acuerdo al análisis inicial del laboratorio se determinó la cantidad de 85.33 mg/kg. Luego de implementar el ensayo, se determinó en el análisis final 23.73 mg/kg en el tratamiento 1, obteniendo un porcentaje de remoción de 57.1%, mientras en la muestra testigo se determinó una concentración de mercurio de 19.8 (mg/kg) y un porcentaje de descontaminación de 42.9%. En base a los resultados presentados se determinó que el Tratamiento 1 presenta una mayor eficiencia en cuanto al porcentaje para degradación de mercurio, debido a que la especie *Capsicum annuum L.*, tiene la capacidad de retener concentraciones de mercurio en sus raíces, limitando la traslocación de mercurio total en sus partes aéreas como tallo, hojas y frutos (Pérez, 2014); además se puede observar que en el tratamiento 1 existió un incremento en la materia orgánica a 1.49% el cual influyó a la remoción de mercurio pues de acuerdo a Doimeadios, (1999) señala que en los suelos el mercurio se encuentra fuertemente retenido, combinándose con componentes orgánicos y minerales, de manera que su adsorción está directamente correlacionada con el contenido de materia orgánica y arcilla.

- **Materia Orgánica**

Mediante el análisis inicial se obtuvo un valor de 0.13 %, luego de implementar el ensayo, se consiguió 1.49% en el tratamiento 1, mejorando el incremento de materia orgánica en 1.4%; en cambio en la muestra testigo se

determinó el valor inicial de 0.4 % y en el análisis final 1.2 %, obteniendo un incremento de 0,8 %. de materia orgánica. De acuerdo a los resultados alcanzados, el tratamiento 1 presenta un mejor resultado con relación al testigo, debido a los diferentes procesos de descomposición que sufrió el suelo conforme lo afirma Palma, (2016) quien menciona que la humedad y la temperatura del suelo influyen en la tasa de descomposición de la materia orgánica creando condiciones adecuadas para que los microorganismos las consuman y permanezcan activos produciendo residuos; coincidiendo con Torres Guerrero, Etchevers B., Fuentes Ponce, Govaerts , De León González, & Herrera, (2013) donde mencionan que la microbiología existente en suelo es la responsable del incremento o disminución en el suministro de nutrientes, así como en el incremento de materia orgánica , pues existen bacterias que se nutren de compuestos orgánicos como inorgánicos que se desarrollan a temperaturas medias, tolerando pH ácidos y por el tipo de planta ya que en muchos de los casos las raíces de las plantas crean un ecosistema distinto que pueden tener una profunda influencia en el crecimiento de las mismas, pues la presión de las raíces creciendo a través del suelo ayudan a formar agregados con las partículas vecinas debido a que durante el crecimiento de las raíces se generan una gran cantidad de compuestos orgánicos denominados exudados de raíces.

- **pH**

Mediante el análisis inicial de laboratorio se determinó un valor de 4.6 de pH. Luego de implementar el ensayo se determinó en el análisis final el valor de 4 en el tratamiento 1, obteniendo una disminución de 0.6; al igual que la muestra testigo se determinó un valor de 4.6 en el análisis inicial y 4 en la muestra final.

En base a los resultados presentados se determinó que el Tratamiento 1 y la muestra testigo presentan el mismo valor de disminución de pH en el suelo, debido a la disminución de mercurio que se mostró en los análisis finales del ensayo, ya que según López (2013) los valores de pH más elevados están relacionados con las mayores concentraciones de mercurio, ya que se ve favorecida la retención de éste en forma de cinabrio(HgS).

8 CONCLUSIONES

- El suelo de esta zona en la fase de diagnóstico presento elevadas concentraciones de mercurio con un promedio de 85.33mg/kg en el tratamiento 1 y 66 mg/kg en la muestra testigo, superando los límites máximos permisibles de acuerdo lo establece la normativa ambiental vigente.
- E tratamiento 1, presento un mejoramiento de 57% de remoción de mercurio en el suelo, mostrando una mayor descontaminación que la muestra testigo que fue de 42.9 mg/kg , concluyendo de esta manera que la especie *Capsicum annuum L* , es apta para procesos de fitorremediación.
- El suelo en el tratamiento 1 presento un incremento de 1.4 % de materia orgánica, siendo superior a la muestra testigo que alcanzo un aumento de 0.8 % .
- De acuerdo al proyecto ejecutado la muestra testigo al igual que el tratamiento 1, no mostraron diferencia ya que las dos disminuyeron el pH del suelo en un 0.6.

9 RECOMENDACIONES

PARA LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

- En nuevas investigaciones se recomienda realizar un análisis foliar de la especie *Capsicum Annuum L.* con el objetivo de diagnosticar en que parte de la planta se produce la mayor concentración de mercurio
- Realizar un análisis microbiológico del suelo para saber cuál es la diversidad de microorganismos existentes en la zona de estudio.
- Elaborar una base de datos con especies que tengan la capacidad fitorremediadora con el objetivo de impulsar y continuar con estos tipos de estudios de investigación y conocer cuál es el comportamiento de otras especies de plantas al interactuar con diferentes tipos de contaminantes.

PARA EL MINISTERIO DEL AMBIENTE

- Recomendar a las autoridades ambientales competentes vigilar y controlar severamente el uso de mercurio en las concesiones mineras, mediante análisis de laboratorio con el fin de verificar el cumplimiento del Art 86 de la Ley Minera del Ecuador.

10 BIBLIOGRAFÍA

Acosta, E. O., Salcedo, L. P., & Salcedo, Y. P. (2016, Mayo 16). *Relleno Sanitario*.

Obtenido de Criterios de calidad.: <http://relleno.galeon.com/criterio.html>

Agudelo Betancur, L. M., Macías Mazo, K. I., & Suárez Mendoza, A. J. (2005).

Phytoremediation as an alternative to absorb heavy metals from biosolids.

En *Fitorremediación: la alternativa para absorber metales pesados de los biosólidos* (Vol. 2, pág. 65). Antioquia, Colombia: Corporación Universitaria Lasallista.

Lasallista.

Alvarado, M. L. (2006). Aplicación tecnológica de las macrófitas a la depuración de aguas residuales con la ayuda de microorganismos. Bucaramanga.

Aquaberri. (2013). *Tecnologías naturales de depuración y tratamiento de aguas*.

Obtenido de <http://aquaberri.com/Dispositivos/Humedales-Artificiales/>

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

Asamblea Nacional. (2008). Constitución del Ecuador. En A. N. 2007, *CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR* (pág. 218).

Montecristi, Ecuador.

Asamblea Nacional. (2014). Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua. Quito, Pichincha, Ecuador: Lexis.

Asamblea Nacional. (2014, Agosto 6). Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamientos del Agua. Quito, Pichincha, Ecuador.

Ayala Fanola, R. M., & Gonzales Marquez, G. (2008). Apoyo didáctico en la enseñanza - aprendizaje de la asignatura de PTAR. Cochabamba, Bolivia.

- Barid, C. (2001). En *Química Ambiental*. Barcelona: Reverté.
- Bernal, F., Mosquera, D., Maury, H. A., Gonzalez, D., Guerra, R., Pomare, A., y otros. (2003). Humedales Artificiales para el Tratamiento de Aguas Residuales en la Corporación Universitaria de la Costa. *Seminario Internacional sobre Métodos Naturales para el Tratamiento de Aguas Residuales.*, 149-155.
- Bonilla Valencia, María Sara. (2013). En *Estudio para Tratamientos de Biorremediación de Suelos Contaminados con Plomo, utilizando el Método de Fitorremediación* (pág. 95). Quito, Pichincha, Ecuador.
- Brooks, R. R. (1998). En R. R. Brooks (Ed.), *That hyperaccumulate heavy metals*. Estados Unidos: CAB International, Cambridge.
- Cabeza, A., Urtiaga, A., Rivero, M.-J., & Ortiz, I. (2007). Journal of Hazardous Materials. En *Ammonium removal from landfill leachate by anodic oxidation* (Vol. 144, págs. 715–719). Austria.
- CABI. (2015). *Invasive Species Compendium*. Obtenido de <http://www.cabi.org/isc/datasheet/40514>
- Carrión, L., & Cuenca, N. (s/f). Bioensayo con macrófitas acuáticas para el tratamiento de lixiviados procedentes del relleno sanitario de Pichacay. En E. M. Técnico.. Cuenca, Ecuador.
- Contraloría General del Estado "CGE". (2013). Guía de Auditoría Ambiental. En *BASE LEGAL PARA AUDITORIAS AMBIENTALES CON ENFOQUE A TEMAS DE AGUA, RESIDUOS SÓLIDOS Y LÍQUIDOS* (pág. 306). Quito, Pichincha, Ecuador.

- Corrales, E. I. (2015). *Alternativas de disposición para la fitorremediación de suelos contaminados por actividades mineras*. Colombia.
- Cueva Torres, E. Y., & Rivadeneira Bravo, F. A. (2013). Tratamiento de Aguas Residuales Domesticas mediante un humedal Artificial de flujo Subsuperficial con vegetacion Herbacea. Santo Domingo, Santo Domingo de los Tsachilas, Ecuador.
- Cuevas, P. A. (2010). *Transferencia de metales de suelo a planta en áreas mineras: Ejemplo de los Andes peruanos de la Cordillera Prelitoral Catalana*. Tesis Doctoral, Universidad de Barcelona, Barcelona.
- Delgadillo , O., Camacho, A., Pérez, L., & Andrade, M. (2010). *Depuracion de aguas residuales por medio de humedales artificiales*. Cochabamba.
- Department of Agriculture, Fisheries and Forestry (DAFF). (2013). En *Queensland Government. Salvinia (Salvinia spp.)*. Australia.
- Ding, A., Zhang, Z., Fu, J., & Cheng, L. (2001). Chemosphere. En *Biological control of leachate from municipal landfills* (págs. 1-8).
- Eapen, S., Shraddha, S., & D'Souza., S. (2007). Phytoremediation of metals and radionuclides. En *Environmental Bioremediation Technologies* (págs. 189-2009). Mumbai, India.
- Ensbey, R. (2009). Salvinia. En *(Salvinia molesta)*.
- Escalón, E. (2006, Enero 9). *UNIVERSO, El Periodico de los Universitarios*.
Obtenido de <https://www.uv.mx/universo/206/infgral/infgral29.htm>
- Evaporadores industriales. (2015, Abril 9). *Condorchem Envitech*. Obtenido de <http://blog.condorchem.com/tratamiento-biologico-de-aguas-residuales/>

Fernández, A. I. (s.f.). *Fertigacion en Cultivos Intensivos*. (A. I. Fernández, Ed.)

Recuperado el Febrero Sábado, 2016, de Contaminacion de suelos por metales pesados:

http://www.infoagro.com/abonos/contaminacion_suelos_metales_pesados.htm

GAD Parroquial de Chicaña. (2011). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Parroquial de Chicaña. Yantzaza, Zamora Chinchipe, Ecuador.

Gaona Martinez, X. (2004). *El mercurio como contaminante global*. Proyecto de investigación, Universidad Autonoma de Barcelo, Departamento de Química, Barcelona.

Garcia, F., Hill, M., Kaplán , A., Ponde de León, J., & Rucks, L. (2014). *Propiedades Fisicas del Suelo*. Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Montevideo.

Gilg, Ernst; Schumann, Karl. (1900). *Das Pflanzenreich*. (K. Stüber, Ed.) Alemania.

Glass, D. (2000). Economic potential of phytoremediation. En *Phytoremediation of Toxic Metals Raskin I & Ensley BD (Eds) John Wiley & Sons* (págs. 15-31). Nueva York, Estados Unidos.

Gobernación de Zamora Chinchipe. (2010, 03 31). *Centinela del Cóndor*. Obtenido de Gobernación de Zamora Chinchipe.: <http://www.gobernacionzamora.gob.ec/canton-centinela-del-condor/>

- González Escobar, F. D. (2011, Diciembre). Diseño de una Planta de Tratamiento Piloto de Aguas Residuales Domesticas para el conjunto Residencial Matisse utilizando un Humedal Artificial. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Guaranda Mendoza, W. (2011, Enero). *Fundación Regional de Asesoría en Derechos Humanos*. Obtenido de http://www.inredh.org/index.php?option=com_content&id=242:diagnostico-legal-de-la-mineria-en-el-ecuador&Itemid=126
- Gupta, M., & Devis, S. (1992). Cadmium Sensitivity Inducing Structural Responses in *Salvinia molesta*. En M. Bull, *Environmental Contamination Toxicol* (pág. 443). New York, Estados Unidos: Environmental .
- Harvey, P., Campanella, B. F., Castro, P., Harms, H., Lichtfouse, É., Schäffner, A. R., y otros. (2002). En *Phytoremediation of Polyaromatic Hydrocarbons, Anilines and Phenols* (págs. 29-47). Reino Unido: Ecomed Publishers.
- Henry, J., & Heinke, G. (1999). En *Ingeniería Ambiental* (Segunda ed., pág. 800). México: Assistant.
- Hoilijoki, T. H., Kettunen, R. H., & Rintala, J. A. (2000). Water Research. En *Nitrification of anaerobically pretreated municipal landfill leachate at low temperature* (Vol. 34, págs. 1435–1446). Finlandia.
- I. , L., M. , J., J., R., & R., M. (2010). *Estudio de la Absorción y Distribución del Mercurio ed Nerium Oleander L. en la Ribera del Río Valdeazogues*. Madrif, España: CIEMAT.
- IFAS / UF Center for Aquatic and Invasive Plants. (2000). En *Spirodela polyrgiza*. Florida.

- Ilhan, F., Kurt, U., Apaydin, O., & Gonullu, M. T. (2008). Journal of Hazardous Materials. En *Treatment of leachate by electrocoagulation using aluminum and iron electrodes* (Vol. 154). Estambul, Turquía.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). (2009). Guía Técnica Colombiana GTC 24. Gestión Ambiental. Residuos Sólidos. En ICONTEC, & I. C. (ICONTEC) (Ed.), *Guía para la separación en la fuente* (Tercera ed., pág. 13). Bogotá, Colombia.
- Iñiguez, M. (2010). *Fertilidad, fertilizantes y fertilización del suelo*. Universidad Nacional de Loja. Loja: Editorial Universitaria.
- Jaramillo, Jorge. (2002). Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales. En *División de Salud y Medio Ambiente. Programa de Salud Ambiental, Organización Panamericana de la Salud* (pág. 303). Antioquia, Colombia.
- Jardín Botánico de Mérida. (2016). *Sembrando los Valores Ambientales "SELVA"*. Mérida, Venezuela.
- Jiménez Beltrán, D., de Lora, F., & Sette Ramalho, R. (2003). *Tratamiento de Aguas Residuales*. Sevilla: Reverté, S. A.
- Johannessen, Lars Mikkel. (1999). En *Guidance note on recuperation of landfill gas from municipal solid waste landfills*. Washington D.C., Estados Unidos: World Bank, Urban Development Division, Urban Waste Management Thematic Group.

- Karadag, D., Sema, T., Akgula, E., Mustafa, T., Mustafa, O., & Ahmet, D. (2008). Journal of Hazardous Materials. En *Ammonium removal from sanitary landfill leachate using natural Gördes clinoptilolite* (Vol. 153, págs. 60-66).
- Kargi, F., & Pamukoglu, M. Y. (2003). Biotechnology Letters. En *Activated Carbon Added Biological Treatment of Pre-Treated Landfill Leachate in a Fed-Batch Reactor* (págs. 695-699). Esmirna, Turquía: Kluwer Academic Publishers.
- Kurniawan, T. A., Lo, W.-h., & Gilbert, Y. (2006). Journal of Hazardous Materials. En *Physico-chemical treatments for removal of recalcitrant contaminants from landfill leachate* (págs. 80-100). Hong Kong, China.
- Lei, Y., Shen, Z., Huang, R., & Wang, W. (2007). Treatment of landfill leachate by combined aged-refuse bioreactor and electro-oxidation. En *Water Research* (págs. 2417-2426).
- León Salinas, J. (2015). *"Evaluación del potencial Biorremediador de comunidades bacterianas en la ciudadela del Chofer del Barrio Nambija"*. Tesis.
- León, A. (2013). En *Las 100 especies más invasoras: Salvinia molesta*.
- López, M., E., M., Gallegos, M., J., L., Pérez, F., & Gutierrez Rojas, M. (2005). MECANISMOS DE FITORREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON MOLÉCULAS ORGÁNICAS XENOBIÓTICAS. En *Rev. Int. Contam. Ambient*, 21(2), 91-100. (pág. 10). México.

- Majin, L. J. (2012). *Modelo conceptual del comportamiento del mercurio en la cuenca de la quebrada La Porquera, Bogotá. Colombia*. Tesis, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Martín-Doimeadios, R. d. (1999). *APORTACIONES AL CONOCIMIENTO DEL ESTADO MEDIOAMBIENTAL DE HIDROSISTEMAS DE INTERES INTERNACIONAL SITUADOS EN CASTILLA-LA MANCHA*. España: Editorial de Ediciones de la Universidad de Castilla.
- Mayland, J. (1990). En *Plantas de Acuario* (pág. 130). Barcelona, España: Daimon.
- Media, D. (s/f). Nitrógeno Amoniacal. Santa Mónica, CA 90404, Estados Unidos.
- Méndez Novelo, R. I., Castillo Borges, E. R., Sauri Riancho, M. R., Quintal Franco, C. A., Giácoman Vallejos, G., & Jiménez Cisnero, B. (2009). Comparación de cuatro tratamientos fisicoquímicos de lixiviados. En *Revista internacional de contaminación ambiental*, 25(3) (págs. 133-145).
- Méndez, Á. (2013, Diciembre 16). *La Guía Química*. Obtenido de <http://quimica.laguia2000.com/elementos-quimicos/metales-pesados>
- Mendoza, F. J., & Izquierdo, A. G. (2007). *Tratamiento y gestión de residuos sólidos* (reimpresión ed.). (2. Universidad Politécnica de Valencia, Ed.) Valencia, España.
- Mendoza, P. S., & López, V. T. (2004). Estudio de la calidad de lixiviado del relleno sanitario La Esmeralda y su respuesta bajo tratamiento en filtro anaerobio de flujo ascendente piloto. Manizales, Colombia.

- Ministerio de Salud Pública. (2012). *LEY ORGÁNICA DE SALUD - Ley N° 2006-67*. Ediciones Legales.
- Ministerio del Ambiente (MAE). (2015). Acuerdo Ministerial 028. En *SUSTITUYESE EL LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA* (pág. 220). Quito, Ecuador.
- Ministerio del Ambiente (MAE). (2015). Acuerdo Ministerial 061. En *REFORMA DEL LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA* (pág. 80). Quito, Ecuador: CORPORACION DE ESTUDIOS Y PUBLICACIONES.
- Ministerio del Ambiente. (2012). Ley de Gestión Ambiental. En *CODIFICACIÓN* (pág. 14). Quito, Ecuador.
- Ministerio del Ambiente. (2015). *Acuerdo Ministerial No. 028*. Quito.
- Ministerio del Ambiente. (2015, Mayo 4). Acuerdo No. 061. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Moraes, P., & Bertazzoli, R. (2005). Chemosphere. En *Electrodegradation of landfill leachate in a flow electrochemical reactor* (págs. 41-46).
- Núñez López, R. A., Vong, Y. M., Borges, R. O., & Olguín, E. J. (2007). Tratamiento de Aguas Residuales. En *Cátedra Ambiental. Memorias 2006 - 2009. Un espacio de reflexion para la sustentabilidad*. Bogotá, D.C., Colombia.
- Orellana , C., & León, E. (2002). *"EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE 3 VARIEDADES DE PIMIENTO (Capsicum annum), BAJO*

INVERNADERO EN LA SOLUCIÓN NUTRITIVA LA MOLINA". Tesis, Universidad de Cuenca, Cuenca.

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

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2016). *Propiedades Químicas/FAO/Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Obtenido de Propiedades Químicas.

P&C MADERAS. (2013, Diciembre). *Capsicum annum*. Chile.

Palma, M. (Ed.). (2016, Noviembre 07). *eHOW en Español*. (J. Golberg, Productor, & Demand Media, Inc) Recuperado el Noviembre 2, 2016, de http://www.ehowenespanol.com/factores-influyen-tasa-descomposicion-materia-organica-suelo-lista_498466/

Parra, N. R., Durán, J. A., & Moratiel, R. Y. (s.f.). *pH: CONCEPTO, MEDIDA Y APLICACIONES EN AGRICULTURA Y MEDIOAMBIENTE*. Obtenido de http://www.infoagro.com/abonos/pH_informacion.htm

Peng, Y., Zhang, S., Zeng, W., Zhen, S., Mino, T., & Satoh, H. (2008). Water Research. En *Organic removal by denitrification and methanogenesis and nitrogen removal by nitrification from landfill leachate* (Vol. 48, págs. 883-892).

- Pérez Vargas, H. M., Vidal Durango, J. V., & Marrugo Negrete. (2014). *Evaluación de la capacidad acumuladora de mercurio del ají (Capsicum annum)*. Tesis Doctoral, Universidad de Sucre, Sincelejo, Colombia, Colombia.
- Pérez, I. (s/f). Breves Agronómicos. En I. I. Vegetal, *El Nitrógeno amoniacal mejora la absorción del fósforo*. México.
- Pilon-Smits, E. (2005). Phytoremediation. En *Annu Rev. Plant. Biol* (págs. 56:15-39).
- Pilon-Smits, E., & Freeman, J. (2006). Environmental cleanup using plants: Biotechnological advances and ecological considerations. En *Front. Ecol. Environ* 4 (4) (págs. 203-210).
- Polprasert, C. (1996). En *Organic waste recycling, technology and management* (Segunda ed., pág. 412). Canadá .
- Primo, O., Rivero, M. J., & Ortiz, I. (2007). Photo-Fenton process as an efficient alternative to the treatment of landfill leachates. En *Journal of Hazardous Materials* (págs. 834-842).
- Raskin, I., & Ensley, B. D. (2000). En I. Raskin, & B. Ensley (Edits.), *Phytoremediation of toxic metals; using plants to clean up the environment*, Wiley y Sons. (pág. 304).
- Red Madrileña de Tratamientos Avanzados para Aguas Residuales. (2013, Mayo 16). *Humedales artificiales como sistemas naturales de depuración de aguas residuales*. Obtenido de <http://www.madrimasd.org/blogs/remtavares/2013/05/16/131891>

- Renou, S., Givaudan, J., Poulain, S., & Dirassouya, F. (2008). Landfill leachate treatment: Review and opportunity. En *Journal of Hazardous Materials* (Vol. 150, pág. 493).
- Rodríguez, R., & Andrés, P. (2008). *Evaluacion y Prevencion de Riesgos Ambientales en Centroamérica*. (E. Universitaria (Girona, Ed.) Girona, España.
- Romero Aguilar, M., Colín Cruz, A., Sánchez Salinas, E., & Ortiz Hernández, L. (2009). Tratamiento de aguas residuales por un sistema piloto de humedales artificiales: evaluación de la remoción de la carga orgánica. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 25(3), 157-167.
- Romero, C. R. (1965). En 1. Talleres Gráficos del Banco de la República (Ed.), *Flora del Centro de Bolivar*. Bogotá, Colombia.
- Secretaría de la Convención de Ramsar. (2015, Noviembre 23). *Manuales Ramsar para el uso racional de los humedales*. Obtenido de <http://www.ramsar.org/es/recursos/manuales-ramsar>
- Secretaría del Medio Ambiente y Desarrollo Rural. (2011). Guía para el Adecuado Manejo de los Residuos Sólidos y Peligrosos. Envigado, Antioquia, Colombia.
- SL, B.-O. (2016). *Propiedades de los nutrientes de las plantas*. Obtenido de Nutrientes minerales en las plantas.: <http://www.botanical-online.com/propiedadesnutrientes.htm>
- Terra. (s/f). *Tres minerales para el mejor cultivo: nitrógeno, fósforo y potasio deben interactuar en beneficio del jardín*. Obtenido de

<http://noticias.terra.com.ar/sociedad/tres-minerales-para-el-mejor-cultivo-nitrogeno-fosforo-y-potasio-deben-interactuar-en-beneficio-del-jardin,c7c971ea15ef0410VgnCLD2000000dc6eb0aRCRD.html>

Trebouet, D., Schlumpf, J., Jaouen, P., & Quemeneur, F. (2001). Water Research. En *Stabilized landfill leachate treatment by combined physicochemical–nanofiltration processes* (Vol. 35, págs. 2935-2942). Gran Bretaña, Reino Unido.

Universidad Nacional de Loja. (2013, Agosto). Diagnostico Participativo de la comunidad de San Vicente de Caney, Parroquia Chicaña, Canton Yantzaza. Zamora, Zamora Chinchipe, Ecuador.

Uygur, A., & Kargi, F. (2004). Journal of Environmental Management. En *Biological nutrient removal from pre-treated landfill leachate in a sequencing batch reactor* (Vol. 71, págs. 9-14).

Valderrama, L. (1996). *Uso de dos especies de macrófitas acuáticas, Limnobium laevigatum y Eichhornia crassipes para el tratamiento de aguas residuales agroindustriales* (Vol. 3). Bogotá, Colombia.

Vinueza Eztevez, J. S. (2014, Abril). Diseño de un sistema de pantanos artificiales para el tratamiento de aguas negras y grises del campo base y area de mantenimiento El Coca de la empresa el TRIBOILGAS. Quito, Pichincha, Ecuador.

Volke, T., Velasco, J. A., & David, A. (2005). Suelos contaminados por metales y metaloides: muestreo y alternativas para su remediación. En T. V. Sepúlveda, *Instituto Nacional de Ecología* (pág. 141). México.

Volke, T., Velazco, T., & Pérez, D. (2005). En *Suelos contaminados por metales pesados y metaloides: muestreos y alternativas para su remediación* (pág. 144). México.

Watt, M., & Evans, J. R. (1999). Proteoid Roots. Physiology and Development. En *American Society of Plant Physiologists* (págs. 317–323).

11 ANEXOS

Anexo 1. Entrevista



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
ÁREA 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 Ud. 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. cual?

.....
.....

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 de observación de campo



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
ÁREA AGROPECUARIA DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
CARRERA: Ingeniera en Manejo y Conservación del Medio Ambiente

Ficha de observaciones de campo

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

Cantón:..... Sector:.....

Código:

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

Puntos de contaminación			
Actividad	Contaminante	Coordenadas	
		x	y

Anexo 3. Etiquetado de la muestra**DATOS DE LA MUESTRA**CÓDIGO FECHA: CANTIDAD DE SUELO: HORA DE RECOLECCION: RESPONSABLE:

Anexo 4. Ficha técnica para caracterización de suelos



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
ÁREA 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:

Altitud:.....

Condiciones climáticas: invierno ()
 Verano ()

Profundidad de la toma de muestra (cm):

Descripción del lugar

.....

Foto

Anexo 6. Matriz de Monitoreo quincenal

 Registro de plantas evaluadas quincenalmente utilizadas en la técnica de Fitorremediación con la especie <i>Capsicum annum L.</i>																										
Actividades de Monitoreo y seguimiento correspondientes al segundo, tercer y cuarto mes Plantas evaluadas quincenalmente																										
		JUNIO					JULIO					AGOSTO														
Repetición 1		PRIMERA QUINCENA					SEGUNDA QUINCENA					TECERA QUINCENA					CUARTA QUINCENA					QUINTA QUINCENA				
		Altura cm	Número de hojas	Nº de hojas con clorosis	Numero de flores	Numero de frutos	Mortalidad	Altura cm	Número de hojas	Nº de hojas con clorosis	Numero de flores	Numero de frutos	Mortalidad	Altura cm	Número de hojas	Nº de hojas con clorosis	Numero de flores	Numero de frutos	Mortalidad	Altura cm	Número de hojas	Nº de hojas con clorosis	Numero de flores	Numero de frutos	Mortalidad	
AP01																										
AP02																										
AP03																										
AP04																										
AP05																										

Anexo 7. Análisis de Laboratorio



REPORTE DE ANÁLISIS

Cliente: Ing. Yomayra Betancourt
Zamora Guerrero Barrio Pio Jaramillo
Telf:0981196456

Atn: Ing. Yomayra Betancourt

Proyecto: Evaluación del potencial fitorremediador de la especie Capsicum annum L. en suelos contaminado por minería en el sector de Puente Azul, parroquia San Carlos, provincia de Zamora Chinchipe

Muestra Recibida: 26-abr-16

Tipo de Muestra: 1 Muestra de Suelo

Análisis Completado: 05-may-16

Número reporte Gruntec: 1604318-S001

Rotulación Muestra:	T01	Método Adaptado de Referencia / Método Interno
Fecha de Muestreo:	17-abr-16	
No. Reporte Gruntec:	1604318-S001	

Parámetros en Extracción Acuosa 2:1:		
pH ^(1,2)	4.6	EPA 9045 D / MM-AG/S-01
Conductividad µS/cm ^(1,2)	419	EPA 9050 A / MM-AG/S-02

Parámetros Generales en Suelos:		
Textura *	Franca	Método Interno

Metales en peso seco:		
Mercurio mg/kg ^(1,2)	66	EPA 6020 A / MM-AG/S-39

Parámetros Orgánicos en peso seco:		
Materia Orgánica % *	0.4	HACH 8097

Registros y Acreditaciones:

⁽¹⁾ Acreditación No. OAE LE 2C 05-008

⁽²⁾ 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 1 de 4

REPORTE DE ANÁLISIS

Cliente: Ing. Yomayra Betancourt
Zamora Guerrero Barrio Pio Jaramillo
Telf: 0981196456

Atn: Ing. Yomayra Betancourt

Evaluación del potencial fitorremediador de la especie
Capsicum annum L. en suelos contaminado por minería
en el sector de Puente Azul, parroquia San Carlos,
provincia de Zamora Chinchipe

Proyecto:

Muestra Recibida: 26-abr-16

Tipo de Muestra: 1 Muestra de Suelo

Análisis Completado: 05-may-16

Número reporte Gruentec: 1604318-S002

Rotulación Muestra:	RT001	Método Adaptado de Referencia / Método Interno
Fecha de Muestreo:	17-abr-16	
No. Reporte Gruentec:	1604318-S002	

Parámetros en Extracción Acuosa 2:1:		
pH ^(1,2)	4.5	EPA 9045 D / MM-AG/S-01
Conductividad µS/cm ^(1,2)	437	EPA 9050 A / MM-AG/S-02

Parámetros Generales en Suelos:		
Textura *	Franca	Método Interno

Metales en peso seco:		
Mercurio mg/kg ^(1,2)	101	EPA 6020 A / MM-AG/S-39

Parámetros Orgánicos en peso seco:		
Materia Orgánica % *	0.4	HACH 8097

Registros y Acreditaciones:

⁽¹⁾ Acreditación No. OAE LE 2C 05-008

⁽²⁾ 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.

REPORTE DE ANÁLISIS

Cliente: Ing. Yomayra Betancourt
Zamora Guerrero Barrio Pio Jaramillo
Telf: 0981196456

Atn: Ing. Yomayra Betancourt

Proyecto: Evaluación del potencial fitorremediador de la especie
Capsicum annum L. en suelos contaminado por minería
en el sector de Puente Azul, parroquia San Carlos,
provincia de Zamora Chinchipe

Muestra Recibida: 26-abr-16

Tipo de Muestra: 1 Muestra de Suelo

Análisis Completado: 05-may-16

Número reporte Gruntec: 1604318-S003

Rotulación Muestra:	RT002	Método Adaptado de Referencia / Método Interno
Fecha de Muestreo:	17-abr-16	
No. Reporte Gruntec:	1604318-S003	

Parámetros en Extracción Acuosa 2:1:		
pH ^(1,2)	4.5	EPA 9045 D / MM-AG/S-01
Conductividad $\mu\text{S/cm}$ ^(1,2)	440	EPA 9050 A / MM-AG/S-02

Parámetros Generales en Suelos:		
Textura *	Franca	Método Interno

Metales en peso seco:		
Mercurio mg/kg ^(1,2)	90	EPA 6020 A / MM-AG/S-39

Parámetros Orgánicos en peso seco:		
Materia Orgánica % *	0.2	HACH 8097

Registros y Acreditaciones:

⁽¹⁾ Acreditación No. OAE LE 2C 05-008

⁽²⁾ 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 3 de 4



REPORTE DE ANÁLISIS

Cliente: Ing. Yomayra Betancourt
 Zamora Guerrero Barrio Pio Jaramillo
 Telf: 0981196456

Atn: Ing. Yomayra Betancourt

Proyecto: Evaluación del potencial fitorremediador de la especie
 Capsicum annum L. en suelos contaminado por minería
 en el sector de Puente Azul, parroquia San Carlos,
 provincia de Zamora Chinchipe

Muestra Recibida: 26-abr-16

Tipo de Muestra: 1 Muestra de Suelo

Análisis Completado: 05-may-16

Número reporte Gruentec: 1604318-S004

Rotulación Muestra:	RT003	Método Adaptado de Referencia / Método Interno
Fecha de Muestreo:	17-abr-16	
No. Reporte Gruentec:	1604318-S004	
Parámetros en Extracción Acuosa 2:1:		
pH ^(1,2)	4.4	EPA 9045 D / MM-AG/S-01
Conductividad $\mu\text{S/cm}$ ^(1,2)	434	EPA 9050 A / MM-AG/S-02
Parámetros Generales en Suelos:		
Textura *	Franca	Método Interno
Metales en peso seco:		
Mercurio mg/kg ^(1,2)	65	EPA 6020 A / MM-AG/S-39
Parámetros Orgánicos en peso seco:		
Materia Orgánica % *	0.3	HACH 8097

Registros y Acreditaciones:

⁽¹⁾ Acreditación No. OAE LE 2C 05-008

⁽²⁾ 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 4 de 4



INFORME DE ENSAYO



Nº de Referencia: S-16/37951	Registrada en: AGQ Ecuador	Cliente: YOMAIRA ELIZABETHBETANCOURT GUERRERO
Análisis: S-1283-PE	Centro Análisis: AGQ Perú	Domicilio: ZAMORA, BARRIO PIO JARAMILLOALVARADO
Tipo Muestra: SUELO AGRICOLA	Fecha Recepción: 07/09/2016	Contrato: PRE-EC16-00362
Fecha Inicio: 13/09/2016	Fecha Fin: 03/10/2016	Cliente 3º: ----
Descripción: CODIGO RT001		

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 COP 826
Resp. Lab. Inorgánico

FECHA EMISIÓN: 03/10/2016

OBSERVACIONES:

Muestra de suelo agrícola RT001 Proyecto: Evaluación del potencial Fitorremediador de la Especie Capsicum annuum L en suelos contaminados por mercurio en el Sector de Puente azul Parroquia San Carlos de las Minas, Cantón Zamora, Provincia de Zamora Chinchipe.

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.agqabs.com

1/3



INFORME DE ENSAYO



Nº de Referencia: S-16/37951
Descripción: CODIGO RT001

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

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
Propiedades Físicas - Granulometría				
* Arcilla	10,0	-	%	
* Arena	75,0	-	%	
* Granulometría	Franco-Arenosa	-		
* Limo	15,0	-	%	
Fertilidad				
Conductividad Eléctrica (Extracto 1/1)	780	-	µS/cm a 20°C	
* Materia Orgánica Oxidable	1,55	-	%	
pH (Extracto 1/1)	4,33	-		
Metales Totales				
Mercurio Total	23,7	-	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-16/37951
 Descripción: CODIGO RT001

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

ANEXO TECNICO

Parámetro	PNT	Técnica	Ref Norma	Rango (1)
Propiedades Físicas - Granulometría				
* 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 %
Fertilidad				
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
Metales Totales				
Mercurio Total	PP-208	Espect AFS		0,001 - 10,0 mg/kg

(*) El rango máximo 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: S-16/37952	Registrada en: AGQ Ecuador	Cliente: YOMAIRA ELIZABETHBETANCOURT GUERRERO
Análisis: S-1283-PE	Centro Análisis: AGQ Perú	Domicilio: ZAMORA, BARRIO PIO JARAMILLOALVARADO
Tipo Muestra: SUELO AGRICOLA	Fecha Recepción: 07/09/2016	Contrato: PRE-EC16-00362
Fecha Inicio: 13/09/2016	Fecha Fin: 03/10/2016	Cliente 3º: ----
Descripción: CODIGO RT002		

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 RT002 Proyecto: Evaluación del potencial Fitorremediador de la Especie Capsicum annuum L. en suelos contaminados por mercurio en el Sector de Puente azul Parroquia San Carlos de las Minas, Cantón Zamora, Provincia de Zamora Chinchipe.

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 PERÚ, 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-16/37952
Descripción: CODIGO RT002

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

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
Propiedades Físicas - Granulometría				
* Arcilla	15,0	-	%	
* Arena	75,0	-	%	
* Granulometría	Franco-Arenosa	-		
* Limo	10,0	-	%	
Fertilidad				
Conductividad Eléctrica (Extracto 1/1)	573	-	µS/cm a 20°C	
* Materia Orgánica Oxidable	1,29	-	%	
pH (Extracto 1/1)	4,12	-		
Metales Totales				
Mercurio Total	35,1	-	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-16/37952
Descripción: CODIGO RT002

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

ANEXO TECNICO

Parámetro	PNT	Técnica	Ref Norma	Rango (1)
Propiedades Físicas - Granulometría				
* 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 %
Fertilidad				
Conductividad Eléctrica (Extracto 1/1)	PEC-002	Electrometría		70,0 - 30.000 μ 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
Metales Totales				
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: S-16/37953	Registrada en: AGQ Ecuador	Ciente: YOMAIRA ELIZABETHBETANCOURT GUERRERO
Análisis: S-1283-PE	Centro Análisis: AGQ Perú	Domicilio: ZAMORA, BARRIO PIO JARAMILLOALVARADO
Tipo Muestra: SUELO AGRICOLA	Fecha Recepción: 07/09/2016	Contrato: PRE-EC16-00362
Fecha Inicio: 13/09/2016	Fecha Fin: 03/10/2016	Ciente 3º: ----
Descripción: CODIGO RT003		
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 RT003 Proyecto: Evaluación del potencial Fitorremediador de la Especie Capsicum annuum L. en suelos contaminados por mercurio en el Sector de Puente azul Parroquia San Carlos de las Minas, Cantón Zamora, Provincia de Zamora Chinchipe.

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-16/37953
 Descripción: CODIGO RT003

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

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
Propiedades Físicas - Granulometría				
* Arcilla	10,0	-	%	
* Arena	80,0	-	%	
* Granulometría	Franco-Arenosa	-		
* Limo	10,0	-	%	
Fertilidad				
Conductividad Eléctrica (Extracto 1/1)	729	-	µS/cm a 20°C	
* Materia Orgánica Oxidable	1,64	-	%	
pH (Extracto 1/1)	3,62	-		
Metales Totales				
Mercurio Total	12,4	-	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-16/37953
Descripción: CODIGO RT003

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

ANEXO TECNICO

Parámetro	PNT	Técnica	Ref Norma	Rango (1)
Propiedades Físicas - Granulometría				
* 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 %
Fertilidad				
Conductividad Eléctrica (Extracto 1/1)	PEC-002	Electrometría		70,0 - 30.000 μ 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
Metales Totales				
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.



INFORME DE ENSAYO



Nº de Referencia: S-16/37950	Registrada en: AGQ Ecuador	Cliente: YOMAIRA ELIZABETHBETANCOURT GUERRERO
Análisis: S-1283-PE	Centro Análisis: AGQ Perú	Domicilio: ZAMORA, BARRIO PIO JARAMILLOALVARADO
Tipo Muestra: SUELO AGRICOLA	Fecha Recepción: 07/09/2016	Contrato: PRE-EC16-00362
Fecha Inicio: 13/09/2016	Fecha Fin: 03/10/2016	Cliente 3º: ----
Descripción: CODIGO T01		

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 T01 Proyecto: Evaluación del potencial Fitorremediador de la Especie Capsicum annuum L. en suelos contaminados por mercurio en el Sector de Puente azul Parroquia San Carlos de las Minas, Cantón Zamora, Provincia de Zamora Chinchipe.

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-16/37950
 Descripción: CODIGO T01

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

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Incert	Unidades	CMA
Propiedades Físicas - Granulometría				
* Arcilla	40,0	-	%	
* Arena	40,0	-	%	
* Granulometría	Arcillosa	-		
* Limo	20,0	-	%	
Fertilidad				
Conductividad Eléctrica (Extracto 1/1)	620	-	µS/cm a 20°C	
* Materia Orgánica Oxidable	1,20	-	%	
pH (Extracto 1/1)	4,00	-		
Metales Totales				
Mercurio Total	19,8	-	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.



INFORME DE ENSAYO



Nº de Referencia: S-16/37950
 Descripción: CODIGO T01

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

ANEXO TECNICO

Parámetro	PNT	Técnica	Ref Norma	Rango (1)
Propiedades Físicas - Granulometría				
* 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 %
Fertilidad				
Conductividad Eléctrica (Extracto 1/1)	PEC-002	Electrometría		70,0 - 30.000 μ 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
Metales Totales				
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

INDICE DE CONTENIDOS

	CERTIFICACIÓN	ii
	AUTORÍA	iii
	CARTA DE AUTORIZACIÓN	iv
	DEDICATORIA	v
	AGRADECIMIENTO	vi
1	TÍTULO	1
2	RESUMEN	2
2.1	SUMMARY	3
3	INTRODUCCIÓN	4
4	REVISIÓN DE LITERATURA	6
4.1	Minería en el Ecuador	6
4.1.1	Reseña histórica de la minería aurífera en Ecuado	6
4.2	El suelo, factores de contaminación y sostenibilidad	7
4.2.1	Aspectos conceptuales	7
4.2.2	Metales pesados en el ambiente	11
4.2.3	Dinámica de los metales pesados en el suelo	13
4.2.4	Acumulación de metales en el suelo	14
4.2.5	Factores que afectan a la disponibilidad de los metales.	14
4.2.6	Metales pesados tóxicos	15
4.2.7	Transferencia suelo- planta del mercurio	20
4.3	La Fitorremediación como alternativa para la remediación de suelos contaminados por mercurio.	21

4.3.1	Mecanismos y fases de la fitorremediación	22
4.3.2	Plantas desarrolladas en ambientes contaminados por metales pesados	23
4.3.3	Plantas utilizadas en fitorremediación	25
4.4	Marco legal favorable para la remediación de suelo contaminados por mercurio	28
4.4.1	Constitución de la República del Ecuador	28
5	MATERIALES Y METODOS	34
5.1	Materiales	34
5.2	Métodos	35
5.2.1	Ubicación política y geográfica del área de estudio	35
5.2.2	Clima.	36
5.2.3	Suelo	36
5.3	Planteamiento de hipótesis	37
5.4	Variables	37
5.5	Diseño del experimento	38
5.6	Diseño experimental	38
5.6.1	Modelo matemático	39
5.7	Metodología para el primer objetivo específico	39
5.7.1	Recopilación de información secundaria	39
5.7.2	Entrevista	40
5.7.3	Observaciones de campo	40
5.7.4	Preparación del lugar	41
5.7.5	Muestreo	42
5.7.6	Delimitación del área a muestrear	43
5.7.7	Tipo de muestreo	45

5.7.8	Profundidad de muestreo	45
5.7.9	Tipo de muestra	45
5.7.10	Construcción de platabandas	46
5.7.11	Obtención del suelo contaminado	46
5.7.12	Inspección de campo	47
5.7.13	Toma de la muestra	48
5.7.14	Etiquetado de la muestra	49
5.7.15	Traslado de las muestras y cadena de custodia	50
5.7.16	Parámetros a analizar	51
5.7.17	Almacenamiento y transporte de la muestra al laboratorio	51
5.7.18	. Análisis de resultados	51
5.7.19	Tipo de recipiente y conservación de la muestra	52
5.8	Metodología para el segundo objetivo	52
5.8.1	Adquisición de las plantas	53
5.8.2	Siembra de las plantas en el suelo contaminado	53
5.8.3	Densidad de siembra	53
5.8.4	Monitoreo y control	54
5.8.5	Toma de muestra de suelo	55
5.8.6	Tipo de recipiente y conservación de la muestra	55
5.8.7	Etiquetado de la muestra	56
5.8.8	Traslado de las muestras y cadena de custodia	56
5.8.9	Parámetros a analizar	57
5.8.10	Interpretación y análisis de resultados	57
6	RESULTADOS	58

6.1	Recopilación de información secundaria	58
6.1.1	Cuencas Hidrográficas y Red Hídrica	58
6.1.2	Calidad de Agua	58
6.1.3	Suelos	59
6.1.4	Actividad Minera	59
6.1.5	Entrevista	64
6.1.6	Observaciones de campo	65
6.1.7	Resultado de los Análisis de suelo	66
6.1.8	Seguimiento y control de la especie Capsicum Annum L.	69
6.1.9	Cálculo del valor de Chi-cuadrado	70
7.	DISCUSIÓN	74
7.1	Discusión de los resultados en base a los resultados obtenidos	74
7	CONCLUSIONES	78
8	RECOMENDACIONES	79
9	BIBLIOGRAFÍA	80
10	ANEXOS	94

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1.-	Encuesta	40
Fotografía 2.-	Recorridos de campo en el sector	41
Fotografía 3.-	Ubicación del lugar a desarrollar el ensayo	42
Fotografía 4.-	Delimitación del área	43
Fotografía 5.-	Profundidad de muestreo	45
Fotografía 6.	Tamizado	48

Fotografía 7. Cantidad de muestra recolectada	49
Fotografía 8.- Etiquetado de muestra	50
Fotografía 9.- Recipientes para la conservación de la muestra	52
Fotografía 10.- Monitoreo y control	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Temperaturas para el crecimiento del cultivo del ají.	27
Tabla 2.- Criterios de calidad del suelo	30
Tabla 3.- Criterios de Remediación	30
Tabla 4 Lista de los principales cuerpos de agua	58
Tabla 5 Síntesis de la Problemática del Sistema Ambiental en la Parroquia San Carlos de las Minas.	61

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.- Puntos de contaminación producto de la actividad minera	65
Cuadro 2 Resultados iniciales del Análisis de Laboratorio	66
Cuadro 3 Resultados finales del Análisis de Laboratorio	66
Cuadro 4.- <i>Matriz del análisis final del análisis de suelo</i>	67
Cuadro 5- Frecuencias observadas en las repeticione	71
Cuadro 6.- Contingencias para frecuencias esperadas	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Ubicación política de la parroquia San Carlos de las Minas	35
Figura 2.- Diseño de tratamientos	38
Figura 3.- Diseño de la siembra de la especie	53

Figura 4.- Disminución de mercurio en el tratamiento	67
Figura 5.- Disminución de pH en el tratamiento	68
Figura 6.- Aumento de materia orgánica en el tratamiento	68
Figura 7.-. Índice de crecimiento y mortalidad de la especie <i>Capsicum annum</i>	70