



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

CARRERA DE INGENIERÍA EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

“EVALUACIÓN DE LA *Medicago sativa* L (ALFALFA), *Cecropia peltata* L (GUARUMO) y *Arachis pintoi* W.C (MANÍ FORRAJERO) COMO POTENCIALES ESPECIES FITORREMIADORAS PARA REMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS POR MINERÍA AURÍFERA EN LAS RIVERAS DEL RÍO NAMBIJA, BARRIO PUENTE AZUL, CANTÓN ZAMORA”.

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

AUTORA:

Ingrid Mireya León Tapia

DIRECTOR:

Ing. Galo Enrique Ramos Campoverde Mg. Sc.,

ZAMORA – ECUADOR

2016

CERTIFICACIÓN

Ing. Galo Enrique Ramos Campoverde. Mg. Sc.

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

CERTIFICO:

Que el presente trabajo de titulación denominado: **“EVALUACIÓN DE LA *Medicago sativa* L (ALFALFA), *Cecropia peltata* L (GUARUMO) y *Arachis pintoi* W.C (MANÍ FORRAJERO) COMO POTENCIALES ESPECIES FITORREMEDIADORAS PARA REMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS POR MINERÍA AURÍFERA EN LAS RIVERAS DEL RÍO NAMBIJA, BARRIO PUENTE AZUL, CANTÓN ZAMORA”**, desarrollado por la señorita Ingrid Mireya León Tapia, 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, 27 de abril de 2016

Atentamente



Ing. Galo Enrique Ramos Campoverde. Mg. Sc

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

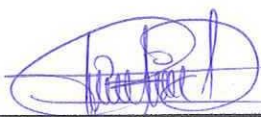
AUTORÍA.

Yo **INGRID MIREYA LEÓN TAPIA**, 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: Ingrid Mireya León Tapia

FIRMA: _____



CÉDULA: 1900609270

FECHA: Loja, junio de 2016

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

Yo, **INGRID MIREYA LEÓN TAPIA**, declaro ser autora de la Tesis titulada **“EVALUACIÓN DE LA *Medicago sativa* L (ALFALFA), *Cecropia peltata* L (GUARUMO) y *Arachis pintoi* W.C (MANÍ FORRAJERO) COMO POTENCIALES ESPECIES FITORREMEDIADORAS PARA REMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS POR MINERÍA AURÍFERA EN LAS RIVERAS DEL RIO NAMBIJA, BARRIO PUENTE AZUL, CANTÓN ZAMORA”**, 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 dieciséis días del mes de marzo del dos mil dieciséis, firma la autora:

AUTORA: Ingrid Mireya León Tapia

FIRMA: 

CÉDULA: 1900609270

DIRECCIÓN: San José de Chamico.

CORREO ELECTRÓNICO: ingrid.leon731.com

TELÉFONO: 0979423365 **CELULAR:** 0979423365

DATOS COMPLEMENTARIOS

DIRECTOR DE TESIS: Ing. Galo Enrique Ramos C, Mg. Sc.

TRIBUNAL DE GRADO

Ing. Osmani López Celi, Mg. Sc. (Presidente)

Ing. Betty Alexandra Jaramillo Tituaña, Mg.Sc (Vocal)

Ing. Fausto Ramiro García Vasco, Mg.Sc. (Vocal)

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios quien es guía de mi vida, fuente de inspiración, amigo inseparable. Gracias por darme la motivación, facultad para aprender y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mis hijas Emely y Nicol Granda por darme fuerza, valor, alegría. A mis Padres Carlos León y Lucía Tapia, por haberme dado su cariño, esfuerzo, apoyo incondicional, consejos y motivación para seguir adelante. A mis Herman@s Taylor León, Hipatia León, Israel León, Margeory León, David León para que mi triunfo les sirva de ejemplo en su vida y también de orgullo para su futuro.

Mis amig@s con quienes compartí grandes experiencias que influyeron en mí, para construirme como profesional, gracias por brindarme su amistad, apoyo y todos los momentos vividos.

AGRADECIMIENTO

A Dios por sobre toda las cosas, por haber iluminado mi camino por el sendero del bien; por permitirme llegar a este momento, regando bendiciones en mi vida.

A la Universidad Nacional de Loja, por dar la acogida al plan de contingencia, al Área Agropecuaria de Recursos Naturales Renovables, por las oportunidades y facilidades brindadas en el transcurso de nuestros estudios para optar el título de ingeniera en manejo y conservación del medio ambiente; así mismo expreso mi agradecimiento a todos mis maestros catedráticos que con sus valiosos conocimientos supieron guiarme durante toda la carrera estudiantil. De la misma manera agradezco profundamente a la Ing. María Luisa Díaz Mg Sc y a mi director de tesis Ing. Galo Enrique Ramos Campoverde. Mg. Sc por compartir sus conocimientos y brindarme su apoyo incondicional.

A mis Padres Carlos León y Lucía Tapia por su fidelidad, comprensión, cariño, apoyo incondicional, porque me inculcaron valores positivos para mi bienestar en el futuro, cuando ejerza mi profesión en el campo de trabajo; a mis dos princesas Emely y Nicol Granda por ser mi motor de vida y de superación; a todos mis herman@s por motivarme y darme la mano cuando sentía que el camino se terminaba.

A la Asociación de Pequeños Mineros Cuencas del río Nambija por su financiamiento económico para la ejecución de mi tesis.

A todas las personas que de uno u otra manera, me han ayudado para el desarrollo y culminación de mi tesis, para todos ellos mis más sinceros agradecimientos.

1. TÍTULO

“EVALUACIÓN DE LA *Medicago sativa* L (ALFALFA), *Cecropia peltata* L (GUARUMO) y *Arachis pintoi* W.C (MANÍ FORRAJERO) COMO POTENCIALES ESPECIES FITORREMEDIADORAS PARA REMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS POR MINERÍA AURÍFERA EN LAS RIVERAS DEL RIO NAMBIJA, BARRIO PUENTE AZUL, CANTÓN ZAMORA”.

2. RESUMEN

La presente investigación de fitorremediación es una técnica que utiliza las plantas acumuladoras e hiperacumuladoras para extraer e inmovilizar los contaminantes del suelo y las aguas, la misma que está estructurado por las siguientes partes: a) Revisión de literatura, b) Metodología, c) Resultados, d) Discusión, e) Conclusiones y Recomendaciones. Para tener un mejor entendimiento del tema se procedió a seleccionar la literatura la cual consta de principales conceptos básicos enfocados a la investigación, normativa legal vigente, hechos científicos, lo cual nos sirvió para sustentar de una mejor manera esta investigación y dar realce a los datos obtenidos en la misma.

En cuanto a la metodología que se utilizó está basada en un diagnóstico base del nivel de contaminación del suelo por mercurio; para lo cual se recolectó una muestra de suelo y se envió al laboratorio para su respectivo análisis, luego se realizó la construcción del ensayo con suelo contaminado extraído de las riveras del río Nambija, las plantas para el ensayo fueron plantas provenientes de un semillero con sustrato (60% de bocashi y 40% de suelo) y sin sustrato; al finalizar la investigación respectivamente se procedió a recolectar las muestras de suelo y plantas para enviar al laboratorio y así comprobar el grado de concentración de mercurio en el suelo y en la planta.

En lo referente a los resultados obtenidos, se pueden mencionar los más relevantes: La especie *Arachis Pintoi* W.C se adaptó a este tipo de suelo y fue la que demostró mejor desarrollo que las otras especies; el suelo que mayor descontaminación presentó es el tratamiento *Arachis Pintoi* W. C provenientes del semillero con sustrato y la planta que presentó mayor concentración de

mercurio es la del *Arachis Pintoi* W. C provenientes del semillero sin sustrato seguida de *Arachis Pintoi* W. C provenientes del semillero sin sustrato.

En conclusión con la presente investigación hemos se ha comprobado que el suelo de las riveras del río Nambija están altamente contaminado en comparación con los niveles máximos permisibles establecidos por el (MAE, 2015 en el Acuerdo Ministerial 028), estos suelos son utilizados para la siembra de forraje para consumo animal (ganado vacuno); también se comprueba que estas plantas están contaminadas por mercurio en comparación con los niveles máximos permisibles establecidos por la AAFCO (Association of American Feed Control Officials) que nos menciona que 10 mg/kg es tóxico; por lo cual estas plantas no son aptas para el consumo animal ya que podría llegar a la cadena trófica por ingesta y causar graves problemas en la salud de la personas.

2.1. SUMMARY

This research was done about phytoremediation and it is a technique that uses accumulator and hyper-accumulator plants in order to remove and immobilize contaminants from soil and water, the same that is structured by the following parts: a) Literature review b) Methods, c) Results d) Discussion e) Conclusions and Recommendations.

To have a better understanding of the subject, we proceeded to select literature which consists of main basic concepts focused on research, current legislation, scientific facts, which helped us to sustain a better way this research and give prominence to data obtained in the same.

The methodology used was based on a diagnosis on the level of soil contamination by mercury; for which a soil sample was collected and sent to the laboratory for examination. Then, the construction of the test with contaminated soil removed from the banks of the Nambija river was conducted, plants for testing were plants from a nursery with substrate (60% and 40% bocashi ground) without substrate; respectively. At the end of the investigation, we proceeded to collect samples of soil and plants to send to the laboratory and thus check the degree of concentration of mercury in the soil and in the plant.

Regarding the results, we can mention that the most relevant were: The species *Arachis pintoj* W.C adapted to this type of soil and was the one that showed better development than the other species; the soil decontamination presented greater is the treatment *Arachis pintoj* W.C. from the seed with soil and plant showed higher concentration of mercury is that of *Arachis pintoj* W.C. from the seed without substrate followed by *Arachis pintoj* W.C. from the seedlings without substrate.

In conclusion, this research we have found that the soil of the banks of the Nambija river are heavily contaminated compared with the maximum permissible levels established by the (MAE, 2015 in the Acuerdo Ministerial 028), these soils are used for growing fodder for animal consumption (cattle). We also found that these plants are contaminated by mercury compared to the maximum permissible levels established by the AAFCO (Association of American Feed Control Officials) mentioned to us that 10 mg / kg is toxic. Therefore, these plants are not suitable for animal consumption because it could reach the food chain through ingestion and cause serious health problems to people.

3. INTRODUCCIÓN

La contaminación del suelo por mercurio a causa de las actividades de extracción aurífera provoca la alteración de las propiedades físicas y químicas del mismo, modificación de ecosistemas, pérdida de flora y fauna, ocasionando la inseguridad en la producción agropecuaria por parte de los agricultores ya que se desconoce el posible ingreso del contaminante a la cadena alimenticia, afectando la inocuidad de los alimentos debido a que no existen estudios de investigación que nos permitan determinar la calidad de estos suelos, luego de un proceso de intervención minera.

Es necesario realizar esta investigación para conocer el estado actual de la calidad del suelo y preservar la salud de los pobladores que hacen uso del mismo para la realización de diferentes actividades como son: agrícolas, pecuarias, turísticas, entre otras;

El aporte del presente estudio es la remediación y recuperación de suelos contaminados por mercurio generados por la minería aurífera mediante la evaluación de especies fitorremediadoras *Medicago Sativa* L (Alfalfa) *Arachis pintoii* W.C (maní forrajero) y *Cecropia peltata* L (guarumo), a través de la técnica de fitorremediación y así determinar cuál es la mejor especie para la remediación y recuperación de suelos, para luego ser utilizados para la producción agropecuaria, pecuaria entre otras.

A través de esta investigación se beneficiarán los propietarios de estos suelos contaminados, permitiendo mejorar la calidad de producción agropecuaria, pecuaria, entre otras. Por otra parte las personas o empresas que realizan

actividades auríferas con el fin de disminuir el grado de contaminación en los suelos, los moradores del sector ya que compran productos provenientes de esta zona, Junta Parroquial y Autoridad Ambiental para que implementen este proceso en otras zonas mineras y realizar de mejor manera los controles a las actividades mineras, a futuros investigadores de la rama, a la Universidad Nacional de Loja, la cual se posesionará como una de las instituciones pioneras y líderes de la Región Sur del Ecuador, en estudios relacionados con la recuperación de suelos contaminados.

Para la presente investigación se plantaron los siguientes objetivos:

- Diagnosticar el nivel de contaminación actual del suelo por mercurio en las riveras del río Nambija, Barrio Puente Azul.
- Evaluar el potencial fitorremediador de *Medicago Sativa* L (Alfalfa) y *Cecropia peltata* L (guarumo) y *Arachis Pintoi* W.C (maní forrajero) para la recuperación de suelos contaminados por mercurio en una área experimental en las riveras del río Nambija, barrio Puente Azul.
- Evaluar el grado de concentración de mercurio en la planta *Medicago Sativa* L (Alfalfa) y *Cecropia peltata* L (guarumo) y *Arachis Pintoi* W.C (maní forrajero).

4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. Suelo.

Según Porta, (2003) sostiene que:

Casi todos los suelos se forman a partir de roca (llamada roca madre) que es degradada paulatinamente en partículas cada vez más pequeñas por procesos de intemperismo biológico, químico y físico. Otros factores formadores del suelo son: el clima, los organismos vivos, el relieve y el tiempo. Su acción determina la dirección, velocidad y duración de los procesos formadores. La desintegración de la roca sólida en partículas minerales cada vez más finas y la acumulación de materia orgánica en el suelo requieren un tiempo muy largo, por lo común de miles de años. El suelo se forma de manera continua a medida que se va degradando la roca madre. El espesor del suelo varía desde una película delgada hasta más de 3 metros (suelos desarrollados), (p.412).

4.1.1. Propiedades del suelo.

Según Volke, (2005) sostiene que:

Una propiedad física química o biológica del suelo es aquella que caracteriza al suelo; por ejemplo, la composición química y la estructura física del suelo están determinadas por el tipo de material geológico del que se origina, por la cubierta vegetal, por el tiempo en que ha actuado el intemperismo (desintegración por agentes atmosféricos), por la topografía y por los cambios artificiales resultantes de las actividades humanas a través del tiempo. (p.19).

4.1.1.1. *Propiedades Físicas.*

Las propiedades físicas de un suelo tienen mucho que ver con la capacidad que el hombre les da para muchos usos. Las características físicas de un suelo en condiciones húmedas y secas para las edificaciones, la capacidad de drenaje y de almacenamiento de agua, la plasticidad, la facilidad para la penetración de las raíces, la aireación, la retención de nutrimentos de las plantas, etc. están íntimamente conectados con la condición física del suelo (Porta, 2003,p.412).

Algunas propiedades físicas del suelo son:

4.1.1.2. *Textura.*

La textura de un suelo está determinada por las cantidades de partículas minerales inorgánicas (medidas como porcentajes en peso) de diferentes tamaños (arena, limo y arcilla) que contiene. La proporción y magnitud de muchas reacciones físicas, químicas y biológicas en los suelos están gobernadas por la textura, debido a que ésta determina el tamaño de la superficie sobre la cual ocurren las reacciones, además de la plasticidad, la permeabilidad, la facilidad para trabajar la tierra, la sequedad, la fertilidad y la productividad que varían dependiendo de la región geográfica. Las partículas de arena son comparativamente de tamaño grande (0.05-2mm) y, por lo tanto, exponen una superficie pequeña comparada con la expuesta por un peso igual de partículas de arcilla o de limo. La función que ésta tiene en las actividades físicas y químicas de un suelo es casi insignificante, las arenas aumentan el tamaño de los espacios de los poros entre las partículas, facilitando el movimiento del aire y del agua de drenaje. El tamaño de partícula de los limos va de 0.002 a 0.05mm, tiene una

velocidad de intemperización más rápida y una liberación de nutrimentos solubles para el crecimiento vegetal mayor que la arena. Los suelos limosos tienen gran capacidad para retener agua disponible para el crecimiento vegetal. Las partículas de limo se sienten suaves, semejantes a un polvo y tienen poca tendencia a reunirse o a adherirse a otras partículas (Buckman y Brady, 1966, p.590).

Tabla 1: *Clases texturales del suelo.*

ARENOSO	TIPOLOGÍA (%)		CLASE TEXTURAL
	LIMOSO	ARCILLOSO	
86-100	0-14	0-10	Arenoso
70-86	0-30	0-15	Franco arenoso
50-70	0-50	0-20	Franco arenoso
23-52	28-50	7-27	Franco
20-50	74-88	0-27	Franco limoso
0-20	88-100	0-12	Limoso
20-45	15-52	27-40	Franco arcilloso
45-80	0-28	20-35	Franco arenoso arcilloso
0-20	40-73	27-40	Franco limoso arcilloso
45-65	0-20	35-55	Arcilloso arenoso
0-20	40-60	40-60	Arcilloso limoso
0-45	0-40	40-100	Arcilloso

Fuente: United States Department of Agriculture (USDA, 2011).

4.1.1.3. Porosidad.

Porosidad Fracción agua/gases. Los espacios o poros que hay entre partículas sólidas (orgánicas e inorgánicas) del suelo, contienen diversas cantidades de dos componentes inorgánicos clave: el agua y el aire. El agua es el principal componente líquido de los suelos y contiene sustancias minerales, oxígeno (O₂) y bióxido de carbono (CO₂) en disolución, mientras que la fase gaseosa en los suelos está constituida por aire. Dependiendo del contenido de

humedad del suelo, los poros se encuentran ocupados por agua o por aire (Aguilera, 1989, p.1).

4.1.2. Conductividad Eléctrica

La salinidad es una propiedad de la tierra o suelo que cambia de forma relativamente rápida con el tiempo, en comparación con otras propiedades. La salinidad se mide mediante el análisis de conductividad eléctrica (CE) en unidades como por ejemplo: deciSiemens por metro (dS / m). Las siguientes clases se utilizan para suelo salinidad. (USDA, 2011).

Tabla 2: Tipos de salinidad (conductividad eléctrica).

Tipo de salinidad	Conductividad eléctrica (ds/m)
Ninguna / No Salino	0 – 4
Leve/ Ligeramente Salino	4 – 8
Moderada / Salinidad Significativa	8 – 15
Extremadamente fuerte / Salinidad extrema	15 +

Fuente:United States) Department of Agriculture (USDA, 2011

4.1.3. Propiedades Químicas

(Buckman y Brady, (1966) manifiestan que “La química de suelos es la ciencia que estudia las propiedades químicas del suelo y de sus componentes inorgánicos y orgánicos, así como los fenómenos a que da lugar la mezcla de esos compuestos”. (p.590)

4.1.3.1. Potencial de Hidrogeno en Suelo.

Una de las características del suelo más importantes es su reacción, ésta ha sido debidamente reconocida debido a que los microorganismos y plantas superiores responden notablemente tanto a su medio químico, como a la reacción

del suelo y los factores asociados con ella. Tres condiciones son posibles: acidez, neutralidad, y alcalinidad. (Buckman y Brady, 1966, p.590)

Tabla 3: Indicadores de potencial de hidrógeno

Indicadores de potencial de hidrógeno.	Rango
Muy fuertemente Ácido	Menor a 4.5
Fuertemente Ácido	4.6 a 5.5
Medianamente Ácido	5.6 a 6
Ligeramente Ácido	6.1 a 6.5
Neutro	6.6 a 7.3
Ligeramente Alcalino	7.4 a 7.8
Moderadamente alcalino	7.9 a 8.4
Fuertemente Alcalino	8.5 a 9
Muy fuertemente Alcalino	Mayor a 9.1

Fuente: TULSMA, Libro VI Anexo 2.

4.1.3.2. Materia orgánica

Según Bornemisza, (1982) menciona que:

La materia orgánica del suelo constituye la fracción orgánica que incluye residuos vegetales y animales en diferentes estados de descomposición, tejidos y células de organismos que viven en el suelo así como sustancias producidas por los organismos del suelo. La parte más estable de esta materia orgánica se llama humus, que se obtiene de la descomposición de la mayor parte de las sustancias vegetales o animales añadidas al suelo. La fracción orgánica del suelo regula los procesos químicos que allí ocurren, influye sobre las características físicas y es el centro de casi todas las actividades biológicas en el mismo, incluyendo la microflora y la fauna (p.5).

Tabla 4: Interpretación de Materia Orgánica.

< 0,9	Muy bajo
1,0 - 1,9	Bajo
2,0 – 2,5	Normal
2,6 – 3,5	Alto
> 3,6	Muy alto

Fuente. Rioja Molina, A. (2.002), *Apuntes de Fitotecnia General, E.U.I.T.A., Ciudad Real*

4.1.3.3. **Propiedades biológicas.**

Ferlini Micheli y Díaz (s.f) mencionan que:

Las propiedades biológicas del suelo son muy importantes, ya que está constituida por la microfauna del suelo, como hongos, bacterias, nemátodos, 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-1).

4.2. **Mercurio**

Carrasquero y Adams, (2003) sostienen que:

El impacto de la minería sobre el ambiente y la salud, se relaciona con la composición química y concentración del mineral que se está extrayendo. En el caso del mercurio se conoce que ingresa al suelo bajo la forma de mercurio metálico, puede llegar a oxidarse hasta la forma divalente (Hg^{2+}), una vez que el mercurio es oxidado interactúa con la superficie de los suelos a través de las reacciones de adsorción, acomplejamiento entre

otros, a fin de producir las diferentes especies geoquímicas. (Carrasquero y Adams, 2003, p-331).

Restrepo y Verbel (2002), manifiestan que “el mercurio (Hg) es uno de los metales con mayor impacto sobre los ecosistemas, son persistente en el medio ambiente su acumulación y toxicidad afecta la salud de los seres vivos”. (p-123)

4.2.1. Fuentes de Contaminación de origen Natural y Antropogénico

4.2.1.1. Fuente Natural.

(Restrepo y Verbel, (2002) mencionan que “la mayor fuente natural de mercurio es la desgasificación de la corteza terrestre, las emisiones de los volcanes y la evaporación desde los cuerpos de agua”. (p-123)

4.2.1.2. Fuentes Antropogénicas.

La contaminación ocasionada por el hombre es realizada de muchas formas: la descargas de desechos y la emisión directa a la atmósfera en la explotación minera del metal y del oro, la quema de los combustibles fósiles representa una fuente importante de contaminación atmosférica, así como la incineración de desechos sólidos, los cuales incluyen mercurio volatilizado de baterías desechadas y durante la fundición de cobre y zinc (Restrepo y Verbel, 2002, p.123).

4.2.2. Minería y Mercurio

La pequeña y la mediana minería de Ecuador utilizan el mercurio en los procesos de extracción de oro. Según (Bose-O'Reilly et al., 2010, p-5) menciona que:

Este proceso es realizado utilizando mercurio elemental, el cual forma aleaciones con varios metales, entre ellos el oro, y de esta forma logra extraerlo del material rocoso. Una vez formada la amalgama oro-mercurio, esta es calentada y el mercurio elemental evaporado, quedando una mezcla de oro y otros metales en menor proporción.

4.2.3. Impactos por la actividad aurífera al suelo por metales pesados.

La presencia en los suelos de concentraciones nocivas de algunos elementos químicos (metales pesados) y compuestos (contaminantes) es un tipo especial de degradación que se denomina contaminación. El contaminante está siempre en concentraciones mayores de las habituales (anomalías) y en general tiene un efecto adverso sobre algunos organismos (Galán y Romero, 2008, p.48).

(Galán y Romero, (2008) mencionan que:

Para los suelos agrícolas se ha definido la denominada “Capacidad de Carga para Metales Pesados”, que depende de las propiedades del suelo, el tipo e historia de la contaminación, organismos indicadores de la toxicidad, y otros parámetros ambientales. Los suelos arcillosos retienen más metales por adsorción o en el complejo de cambio de los minerales de la arcilla. Por el contrario, los arenosos carecen de capacidad de fijación y puede contaminarse el nivel freático. (p.49)

En general, la movilidad de los metales pesados es muy baja, quedando acumulados en los primeros centímetros del suelo, siendo lixiviados a los horizontes inferiores en muy pequeñas cantidades. Por eso la presencia de altas concentraciones en el horizonte superior decrece drásticamente en profundidad

cuando la contaminación es antrópica. Esto sucede precisamente porque la disponibilidad de un elemento depende también de las características del suelo en donde se encuentra (Galán y Romero, 2008, p.51).

La contaminación del suelo es hoy en día una de los temas ambientales más importantes para la Sociedad y la Administración. La caracterización, evaluación y remediación de un suelo contaminado es uno de los principales retos ambientales por abordar en los próximos años. La biodisponibilidad de los metales desde los suelos a las plantas y otros organismos y el riesgo para la salud siguen siendo cuestiones por resolver (Galán y Romero, 2008, p.52).

4.2.4. Mercurio en el Suelo

Según Cabañero, (2005) menciona que:

En los últimos 125 años se han emitido a la atmósfera casi 200.000 toneladas de mercurio, de los cuales cerca del 95% ha sido depositado en la superficie terrestre, convirtiendo los suelos en el principal depósito de este elemento. Esta reserva se convierte en una continua fuente de mercurio, que continuará emitiendo mercurio hacia la atmósfera durante muchos años. (p.15).

Una vez depositadas, el mercurio en el suelo, estas sufren reacciones químicas y biológicas. Las condiciones de pH, temperatura y contenidos de sales y componentes orgánicos del suelo favorecen la formación de complejos del ion inorgánico (Hg^{2+}) como $HgCl_2$, $Hg(OH)_2$ o complejos orgánicos. Aunque los complejos inorgánicos son bastante solubles en agua y, por tanto, de gran movilidad, muchos de ellos forman nuevos complejos con la materia orgánica

(principalmente con los ácidos fúlvicos y húmicos) y coloides minerales del suelo o sedimento. Son este tipo de complejos los que principalmente definen el comportamiento del mercurio. (Cabañero, 2005, p.16).

El suelo actúa en general como una barrera protectora de otros medios más sensibles (hidrológicos y biológicos), filtrando, descomponiendo, neutralizando o almacenando contaminantes y evitando en gran parte su biodisponibilidad. Esta capacidad depuradora de un suelo depende de los contenidos en materia orgánica, carbonatos y oxihidróxidos de hierro y manganeso, de la proporción y tipo de minerales de la arcilla, de la capacidad de cambio catiónico del suelo, del pH y Eh, textura, permeabilidad y actividad microbiana. Por tanto, para cada situación, el poder depurador de un suelo tiene un límite. Cuando se superan esos límites para una o varias sustancias, el suelo funciona como contaminado y es fuente de contaminantes. (Galán y Romero, 2008, p.53).

4.3. Abonos orgánicos.

(Restrepo, (1996) menciona que los abonos orgánicos “Son productos elaborados a base de restos de animales muertos plantas y frutas en estado de descomposición de los cuales el aire y el agua llenan los espacios entre la materia orgánica e inorgánica facilitando su descomposición”. (p-51).

4.3.1. Tipo de abonos orgánicos

4.3.1.1. Abonos sólidos.

- Humus
- Compost

Bocashi.- La palabra bocashi “es del idioma japonés y para el caso de la elaboración de los abonos orgánicos fermentados, significa cocer al vapor los materiales del abono, aprovechando el calor que se genera con la fermentación aeróbica de los mismos”. (Restrepo, 2007, p.52).

El Bocashi es un abono fermentado que se obtiene procesando materiales que son producto de actividades agrícolas (rastrojo, cascarilla de café, etc.), y que pueden ser utilizados y sustituidos según la disponibilidad que exista en la región. Esto lo convierte en una actividad práctica y de gran beneficio para el agricultor que quiere aprovechar todos los recursos con los que cuenta en el campo. (Restrepo, 2007, p.52).

4.3.2. Abonos Líquidos

- Té de frutas
- Té de estiércol
- Biol

4.4. Biorremediación

La biorremediación “es una de las tecnologías que se están investigando y está resultando una de las más prometedoras y menos costosas. Debido a los datos obtenidos en una evaluación reciente realizada por PEMEX y el IMP en Tabasco occidental (Ledesma et al., 1994) menciona que “actualmente se considera a la biorremediación como uno de los medios más apropiados para la restauración de muchos sitios contaminados”. (p-159).

4.4.1. Tipos de tecnología.

4.4.1.1. *In situ.*

“Son las aplicaciones en las que el suelo contaminado es tratado, o bien, los contaminantes son removidos del suelo contaminado, sin necesidad de excavar el sitio. Es decir, se realizan en el mismo sitio en donde se encuentra la contaminación”. (Volke Sepúlveda y Velasco Trejo, 2002).

a. Ventajas

- Permiten tratar el suelo sin necesidad de excavar ni transportar
- Potencial disminución en Costos

b. Desventajas.

- Mayores tiempos de tratamiento
- Pueden ser inseguros en cuanto a uniformidad: heterogeneidad en las características del suelo
- Dificultad para verificar la eficacia del proceso

4.4.1.2. *Ex situ.*

“La realización de este tipo de tecnologías, requiere de excavación, dragado o cualquier otro proceso para remover el suelo contaminado antes de su tratamiento que puede realizarse en el mismo sitio (on site) o fuera de él (off site)”. (Volke Sepúlveda y Velasco Trejo, 2002).

a. Ventajas.

- Menor tiempo de tratamiento
- Más seguros en cuanto a uniformidad: es posible homogeneizar y muestrear periódicamente

b. Desventajas

- Necesidad de excavar el suelo
- Aumento en costos e ingeniería para equipo.
- Debe considerarse la manipulación del material y la posible exposición al contaminante.

4.4.2. Fitorremediación

Se define como el conjunto de métodos para degradar, asimilar, metabolizar o detoxificar metales pesados, compuestos orgánicos, radioactivos y petroderivados por medio de la utilización de plantas que tengan la capacidad fisiológica y bioquímica para absorber, retener degradar o transformar dichas sustancias a formas menos tóxicas. (Serrano, 2006, p.30).

“La utilización de plantas para la descontaminación de los suelos se denomina en forma genérica Fitorremediación, siendo una técnica que utiliza las plantas acumuladoras e hiperacumuladoras para extraer e inmovilizar los contaminantes del suelo y las aguas”. (Becerrill et al, 2002, p.3).

Las plantas tienen una habilidad notable para extraer y concentrar contaminantes a partir del aire a través de estomas, y del agua y suelo por medio de su rizósfera; también cuentan con mecanismos en su metabolismo

para poder realizar transporte de metales. Se caracterizan, además por tener respuestas enzimáticas para frenar el estrés oxidativo provocado por el incremento en la concentración celular de metales tóxicos. (Malikova, 2008, p-46). “Por otro lado, dada la particularidad de que las plantas carecen de la habilidad de desplazarse, éstas han creado sistemas bioquímicos únicos para la adquisición de sustrato, control y detoxificación en la rizósfera”. (Jagadeesan y otros, 2006, p.45). Como resultado de estas ventajas surge el interés de usar a las plantas como medio para enfrentar la contaminación ambiental y recuperar sitios contaminados. Por tal razón la fitorremediación se considera ahora una tecnología prometedora, de bajo costo y amigable con el ambiente, con la cual de manera integral, se podrán recuperar distintos sitios contaminados. (Moreno, 2008, p.62).

4.4.2.1. Ventajas y limitaciones de la Fitorremediación.

a. Ventajas.

- Es una tecnología sustentable
- Es eficiente para tratar diversos tipos de contaminantes in situ
- Es aplicable a ambientes con concentraciones de contaminantes de bajas a moderadas
- Es de bajo costo, no requiere personal especializado para su manejo ni consumo de energía
- Es poco perjudicial para el ambiente
- No produce contaminantes secundarios y por lo mismo no hay necesidad de lugares para desecho

- Tiene una alta probabilidad de ser aceptada por el público, ya que es estéticamente agradable
- Evita la excavación y el tráfico pesado
- Tiene una versatilidad potencial para tratar una gama diversa de materiales peligrosos
- Se pueden reciclar recursos (agua, biomasa, metales) (Polprasert, 1996; Brooks, 1998; Raskin y Ensley, 2000).

b. Limitaciones.

- Es un proceso relativamente lento (cuando las especies son de vida larga, como árboles o arbustos)
- Es dependiente de las estaciones
- El crecimiento de la vegetación puede estar limitado por extremos de la toxicidad ambiental Los contaminantes acumulados en las hojas pueden ser liberados nuevamente al ambiente durante el otoño (especies perennes)
- Los contaminantes pueden acumularse en maderas para combustión
- No todas las plantas son tolerantes o acumuladoras
- La solubilidad de algunos contaminantes puede incrementarse, resultando en un mayor daño ambiental o migración de contaminantes
- Se requieren áreas relativamente grandes
- Pudiera favorecer el desarrollo de mosquitos (en sistemas acuáticos) (Polprasert, 1996; Brooks, 1998; Raskin y Ensley, 2000).

4.4.2.2. *Mecanismos de Fitorremediación.*

Bárcenas, (2012) describe que: “existen varias técnicas de fitorremediación aplicables a suelos contaminados con metales pesados: fitoextracción, fitoestabilización, fitodegradación, Fitovolatilización y fitorrestauración. La fitoextracción o fitoacumulación, consiste en la absorción y translocación de los metales desde las raíces hasta las partes aéreas de las plantas”

Cuadro 1: *Mecanismos de fitorremediación*

Proceso	Mecanismo	Contaminantes
Fitoestabilización	Complejación	Orgánicos e inorgánicos
Fitoextracción	Hiperacumulación	Inorgánicos
Fitovolatilización	Volatilización a través de las hojas	Orgánicos e inorgánicos
Fitoimmobilización	Acumulación en la rizosfera	Orgánicos e inorgánicos
Fitodegradación	Uso de plantas y microorganismos asociados para degradar contaminantes	Orgánico
Rizofiltración	Uso de raíces para absorber y adsorber contaminantes del agua	Orgánicos e inorgánicos

Fuente: (Ghosh y Singh, 2005, p.601)

4.5. **Plantas Hiperacumuladoras**

La mayoría de las plantas capaces de crecer en tierras ricas en metales lo hacen excluyendo iones potencialmente tóxicos de sus sistemas de raíces; en otras plantas, los metales son utilizados como microsustrato, sin embargo concentraciones mínimas saturan a la planta. La habilidad de tolerar la presencia de metales pesados está determinada por el nivel de variación genética del individuo. (Lombi, 2001, p.13).

4.5.1. *Medicago Sativa* L (Alfalfa)

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Fabales
Familia:	Fabaceae
Subfamilia:	Faboideae
Género:	<i>Medicago</i>
Especie:	<i>Sativa</i>
Nombre Científico:	<i>Medicago Sativa</i> L

Pertenece a la familia de las leguminosas, es una planta perenne, utilizada principalmente para forraje. Tiene un gran sistema radicular, con una raíz principal robusta y muchas raíces secundarias. La raíz principal alcanza profundidades de 2 a 5 m, las hojas normales son trifoliadas, las flores de color violáceo o azul pueden medir de 8 a 10 mm de longitud. Se caracteriza por fijar nitrógeno y fosforo en el suelo, es tolerante a bajas temperaturas de 10 y 15°C bajo cero y temperaturas medias anuales de 15°C, es una planta tolerante a la sequía pero muy susceptible a excesos de agua y a suelos ácidos por debajo de 6,4. (Guerrero, 1999).

4.5.2. *Cecropia Peltata* L (Guarumo).

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Rosales
Familia:	Urticaceae
Género:	<i>Cecropia</i>
Especie:	<i>Peltata</i>
Nombre científico:	<i>Cecropia Peltata</i> L

El guarumo, yarumo o yagrumo (*Cecropia peltata*) es un árbol dioico que crece entre 5-10 m de altura, aunque en sus zonas de origen puede alcanzar más

de 20 m, con el tronco derecho, hueco, produciendo con el tiempo raíces zancudas o contrafuertes; corteza lisa, gris clara, con grandes cicatrices circulares de las estípulas caídas y abundantes lenticelas. Esta especie es representativa de la zona intertropical americana y se extiende desde México hasta América del Sur, incluyendo las Antillas. Es común en clima cálido, aunque puede llegar a crecer a alturas de más de 2.000 metros en las laderas montañosas, en zonas conodicas como selva nublada o bosque nuboso. Es un árbol típico de la vegetación pionera, crece en los rastrojos, por lo que es ideal para proyectos de reforestación. Puede crecer en cualquier parte, incluyendo las paredes y pilares de cemento de los puentes y otras construcciones. (Marques y otros, 2001, p.15).

Tiene ramas gruesas, horizontales. Ramillas huecas, tabicadas, con numerosas cicatrices anulares y lenticelas. Yemas de 10-12 cm de largo, cubiertas por una estípula pubescente, caediza. Hojas peltadas, redondeadas, coriáceas, de 30-40 cm de diámetro, divididas en 7-11 lóbulos unidos cerca de la base, enteros o algo sinuosos; tienen el haz áspero al tacto, y el envés blanco-tomentoso, con la nervadura sobresaliente en el envés. Pecíolo de 30-50 cm de longitud, tomentoso. (Marques y otros, 2001, p.15).

Flores masculinas dispuestas en espigas, y éstas en grupos de 15 a 40, de 3-5 cm de longitud, sobre pedúnculos de 4-12 cm de largo, con espatas de 2,5-6,5 cm de longitud; flores femeninas dispuestas en espigas, y éstas en grupos de 4 a 5, de 4-7 cm de largo, sobre pedúnculos de 2-9 cm de largo, con espatas de 1,5-4 cm de longitud. Infructescencia formada por numerosos aquenios muy pequeños junto con el perianto persistente. (Marques y otros, 2001, p.16).

4.5.2.1. Comportamiento de *Cecropia Peltata L* con metales pesados.

En localidades de explotación minera de oro en Colombia “la cantidad de mercurio liberado al ambiente ha sido estimada cerca de 80-100 toneladas al año. El manejo inadecuado de este metal ha conllevado a la contaminación de suelos, sedimentos, cuerpos de agua y demás compartimientos ambientales”. (Olivero, J., Jhonson, 2002, p. 7). En estos sitios contaminados se ha observado el crecimiento y proliferación de árboles de guarumo (*Cecropia peltata L*), el cual pertenece a un género pionero, de rápido crecimiento, que crece en suelos poco fértiles y presenta semillas abundantes, persistentes y de producción frecuente (Marques y otros, 2001, p.2).

A pesar del contexto anterior, se desconocía la capacidad del guarumo (*Cecropiapeltata*) como planta fitorremediadora de suelos contaminados con mercurio, en forma natural y asistida con un agente quelante. Por esta razón, esta investigación determinó la capacidad que tiene esta especie para remover Hg en suelos de diferente grado de contaminación. Esto con el propósito de contar con una especie que pueda remediar y reforestar zonas erosionadas con historial minero; y a la vez evitar el uso de especies exóticas que pueden afectar la biodiversidad existente en la franja de explotación aurífera del país. (Marques y otros, 2001, p.2).

4.5.3. *Arachis Pintoi W.C*(Mani forrajero)

Reino:	Plantae
Subreino:	Tracheobionta
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Fabales
Familia:	Fabaceae

Subfamilia:	Faboideae
Tribu:	Aeschynomeneae
Género:	<i>Arachis</i>
Especie:	<i>pinto</i>
Nombre científico:	<i>Arachis Pintoi</i> .W.C

El Maní Forrajero es una leguminosa herbácea, perenne, de crecimiento rastrero y estolonífero. Tiene una altura entre 20 y 40 cm, posee raíz pivotante que crece hasta 30 cm de profundidad. Las hojas son alternas, compuestas, con cuatro folíolos ovoides, de color verde claro a oscuro. El ápice de los folíolos es mucronado, con estípulas envainadoras, ad heridas al pecíolo y bifurcadas en forma de hoz, pubescentes, que cubren las yemas en los nudos. El tallo es ramificado, circular, ligeramente aplanado, con entrenudos cortos y estolones que pueden llegar a medir hasta 1.5 m. de longitud. Presenta floración indeterminada y continua, las inflorescencias son axilares en espigas, con un tubo calicinal (hipanto) de color rojizo, pubescente y fistulado que sostiene el perianto y los estambres; en el interior de este tubo está el estilo. Presenta un cáliz bilabiado y pubescente, con un labio inferior simple y acuminado ubicado bajo la quilla, y un labio superior ampl io con cuatro dientes pequeños en el ápice, provenientes de cuatro sépalos fusionados. La corola es de forma amariposada, y comprende el estandarte de color amarillo; las alas igualmente amarillas, pero más delgadas que el estandarte; la quilla que es puntiaguda, curvada y abierta ventral mente en la base, muy delgada y de color amarillo pálido, casi transparente. El androceo está compuesto por ocho estambres funcionales y dos estaminodios. El gineceo presenta un ovario ubicado en la base del tubo calicinal, y contiene dos o raramente tres óvulos. (Rincón C., A. et al 1992, p.3)

Inmediatamente después de la fecundación, la flor se marchita sin caerse de la planta. Pasados 7 a 10 días se inicia la formación del carpóforo, mal llamado

ginóforo ya que es una parte del mismo fruto, el cual se desarrolla a partir del meristema intercalar que se encuentra en la base del ovario. El carpóforo, que llega a medir 24 cm, crece primero unos 2 cm hacia arriba, posteriormente se dobla hacia el suelo respondiendo a un estímulo geotrópico, y termina por enterrar el ovario que lleva en su punta. El fruto es una vaina, clasificada como cápsula indehiscente, que contiene normalmente una semilla, a veces dos y, rara vez, tres semillas. (Rincón C., A. et al 1992, p.3)

Esta leguminosa crece bien en regiones tropicales desde el nivel del mar hasta 1800 m de altura, con 1500 a 3500 mm de precipitación anual bien distribuida. Se adapta bien a suelos de mediana fertilidad, tolera suelos ácidos con alta saturación de aluminio, comunes en las sabanas tropicales. Su mejor desarrollo y producción se obtiene en suelos de textura franca hasta arcillosa y con materia orgánica superior a 3%. Su tolerancia a la sequía es moderada. Tolerancia bien la sombra, por lo cual puede usarse como cobertura del suelo en cultivos de café, palma africana, cítricos y cacao. No se recomienda su siembra en condiciones de bosque seco con precipitación inferior a 1500 mm, y no persiste en suelos arenosos en zonas con sequías prolongadas. (Rincón C., A. et al 1992, p.3)

4.5.4. Fitotoxicidad del Mercurio en las plantas.

Bontidean, (2004) menciona que:

El mercurio es considerado uno de los metales más tóxicos para las plantas, se relaciona con la alteración de muchas reacciones fisiológicas y bioquímicas, como las de luz y oscuridad de la fotosíntesis, captación de sustrato minerales, permeabilidad de la membrana plasmática,

transpiración, y funciones normales de las enzimas, vitaminas y hormonas, reduce el índice mitótico en el meristemo apical de la raíz y aumenta la frecuencia de aberraciones cromosómicas, que son directamente proporcional a la concentración de Hg. Por otra parte los iones de mercurio tienden a formar enlaces covalentes, pueden unirse al DNA e inducir cambios en cromátidas hermanas en el núcleo celular. (p.255).

El efecto fitotóxico de los compuestos mercuriales ha sido reportado en algunas plantas como el trigo, el arroz y otros cereales; donde se ha observado necrosis en la punta de las hojas, germinación anormal, disminución del porcentaje de germinación, y la reducción de la longitud de tallos y raíces. Cabe destacar que los efectos fitotóxicos afectan también el suelo, dejándolo no apto para el desarrollo de las plantas y destruyendo su biodiversidad. (Cavallini, 2008, p-11).

4.6. Actividad de la rizósfera en las plantas.

Las plantas alteran su rizósfera debido a la estimulación y regulación del crecimiento de distintas poblaciones de microbios naturales en el suelo; la alteración del pH del suelo; y a través de la segregación de enzimas y químicos sideróforos. La mayoría de las plantas secretan al suelo ácidos orgánicos como citratos, lactatos, malatos y otros más complejos como flavonoides; estas sustancias atraen y estimulan el crecimiento de distintas poblaciones de microorganismos, las cuales tienen diferentes efectos sobre la movilidad y toxicidad de varios contaminantes elementales. (Raskin y otros, 1997, p-221).

Se conoce que las raíces de las plantas, a través de sus vellos radicales y en especial su capa dérmica, son capaces de segregar enzimas, que condicionan

el suelo. Las estructuras subcelulares de la epidermis de la raíz y sus células fronterizas están dominadas por membranas ricas en sistemas de golgi y vesículas involucradas en el transporte macromolecular. En estas secreciones están incluidas fitosideróforos de bajo peso molecular, como ácidos orgánicos y ácidos mugineicos que sueltan sustrato firmemente limitados de la matriz de la tierra. La inanición de sustrato induce la síntesis de algunas clases de sideróforos y la quelación de varios iones de elementos como hierro, zinc, cobre, cadmio, aluminio, arseniatos, fosfatos y mercurio, afectan su solubilidad y hacen de ellos más o menos disponibles para la captura por las plantas. (Fan, 1997, 2001).

4.7. Mecanismos en el interior de la planta.

El estado electroquímico y la especiación química de elementos contaminantes pueden contribuir a su movilidad desde las raíces a los retoños. En el caso del mercurio se consideran las especies más móviles el mercurio elemental y el ión Hg (II). La mayoría del mercurio Hg (II) que es capturado permanece ligado a los tejidos de la raíz, mientras que el Hg (0) capturado por las raíces y por las hojas es reducido a Hg (II) y permanece ligado a los tejidos. (Moreno, . 2005, p-341).

El control sobre el estado electroquímico y la especiación química de los metales pesados en las partes superiores de la planta es una condición que deben tener las plantas hiperacumuladoras. Una vez el tóxico ha sido transportado a las partes superiores de la planta, este se concentra y se almacena; este paso requiere de la transformación a especies más o menos reactivas que favorezcan esta acumulación. El control de estas dos variables maximiza el almacenamiento de los elementos en las hojas, tallos, y los tejidos vasculares, así el mercurio es

transportado como Hg (0) a las partes superiores de las plantas, donde los niveles de peroxidasa y catalasa oxidan el Hg (0) a Hg(II). El Hg (II) es altamente reactivo y forma productos particularmente estables con tioles reducidos; los cuales pueden almacenarse en las plantas en grandes cantidades. (Richard, 2005, p-502).

4.8. Suelos contaminados.

Según el Ministerio del Ambiente del Ecuador, (MAE, 2015) menciona que:

Los causantes y/o responsables por acción u omisión de contaminación al recurso suelo, por derrames, vertidos, fugas, almacenamiento o abandono de materiales peligrosos, deben proceder a la reparación de la zona afectada, considerando para el efecto los criterios de remediación de suelos contaminados que se encuentran en la presente norma.

4.8.1. Caracterización del área de influencia directa

- a) Ubicación Geográfica del sitio
- b) Ubicación respecto a zonas aledañas de interés
- c) Condiciones locales de la zona:
- d) Precipitación y/ o riego (frecuencia de la precipitación y riego así como su cantidad)
- e) Nivel freático de la zona
- f) Escorrentía
- g) Ubicación de cuerpos de agua aledaños, pozos para explotación de agua (en uso, clausurados, en proyecto)
- h) Condiciones climáticas y dirección del viento

i) Caracterización del suelo:

j) Uso del suelo: residencial, comercial, industrial y agrícola.

Morfología

- Vegetación presente

Textura

Permeabilidad

- Composición química, física y biológica del suelo

Perfiles estratigráficos del área en estudio.

4.8.2. Diagnóstico de la contaminación in situ

El diagnóstico in situ debe presentar una primera apreciación general de la contaminación del suelo, en términos de severidad, extensión y tiempo, en base a información obtenible de manera simple y rápida. Partiendo de la observación visual detallada, se utilizarán métodos de diagnóstico comunes (geoeléctricos, gasométricos, radiométricos, etc.). Dependiendo de la naturaleza de la contaminación se emplearán otro tipo de métodos descritos en la literatura y aprobados por la entidad ambiental de control. (MAE, 2015).

4.8.3. 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. Ver en la Tabla 5. (MAE, 2015).

4.8.4. Criterios de remediación del suelo.

“Los criterios de remediación se establecen de acuerdo al uso del suelo, tienen el propósito de establecer los niveles máximos de concentración de contaminantes en un suelo luego de un proceso de remediación, y son presentados en la Tabla 6”. (MAE, 2015).

4.8.5. Muestreo y análisis de suelos

4.8.5.1. De la toma de muestras para caracterización de suelos

Para áreas con tipo de suelo homogéneo se tomará una muestra compuesta por hectárea, formada por 15 a 20 submuestras, cada una con un peso no inferior a 0.5 kg tomadas a una profundidad entre 0 a 30 cm, las submuestras serán mezcladas y homogenizadas para obtener una muestra compuesta representativa del suelo, de la cual se tomará un peso de entre 0.5 y 1.0 kg, que servirá para realizar los análisis requeridos. Para ejecutar el muestreo, se trazará una cuadrícula sobre el área de suelo a ser afectada por el proyecto, y dentro de ella se tomarán las submuestras de forma aleatoria hasta completar el número señalado. (MAE, 2015).

En caso de existir diversidad de tipos de suelo, se tomará una muestra compuesta para cada uno de los tipos presentes en el área, de acuerdo a las condiciones antes señaladas. La toma de muestras será efectuada por un laboratorio acreditado por el Servicio de Acreditación Ecuatoriano o el que lo reemplace. Para proyectos cuya superficie sea menor a 1 ha, las muestras serán simples, y para superficies mayores a 1 ha serán muestras compuestas. Para

proyectos con superficies menores a 0.1 ha y mayores a 30 ha aplicará la fórmula siguiente:(MAE, 2015).

$$Y = X^{0.3} * 11.71$$

Dónde:

Y es el número mínimo de puntos de muestreo, y

X es la superficie del suelo de la zona de estudio expresada en hectáreas.

4.8.5.2. De la toma de muestras en caso de suelos contaminados

El número de muestras de suelo a coleccionar dependerá de la extensión y profundidad alcanzada por el contaminante y del tiempo transcurrido desde que se ha producido la contaminación. Cuando la profundidad de afectación alcance niveles superiores a los 0,3 m, se procederá a tomar adicionalmente muestras del perfil del suelo hasta la profundidad, que incluya la zona saturada y la no saturada. Como un procedimiento de aseguramiento de calidad, se tomará una muestra testigo, por cada tipo de suelo y con las características del sitio donde se efectuó el muestreo (textura, color, pendiente, cultivo, manejo, etc).La selección del sitio de colección de muestras, así como el número de muestras a coleccionar deberá efectuarse con la aprobación y en presencia de un representante de la Autoridad Ambiental de Control. (MAE, 2015).

4.8.6. Remediación de suelos

4.8.6.1. Del proceso de remediación.

La remediación del suelo se ejecutará utilizando la mejor tecnología disponible, atendiendo a las características propias de cada caso, buscando soluciones que garanticen la recuperación y el mantenimiento permanente de la

calidad del suelo. Se privilegiarán las técnicas de remediación in situ; el traslado de suelos contaminados para tratamiento y/o disposición ex situ sólo será posible en casos especiales, debidamente justificados ante la Autoridad Ambiental de Control, quien autorizará expresamente su ejecución. Ante la inaplicabilidad para el caso específico de algún parámetro establecido en la presente norma o ante la ausencia en la norma de un parámetro relevante para el suelo bajo estudio, la Autoridad Ambiental de Control debe obligar al sujeto de control a la remediación del suelo hasta que la relación entre la concentración presente del parámetro y su valor de fondo sea igual o menor a 1,5. (MAE, 2015).

4.8.6.2. De los resultados de la remediación.

La declaración de suelo contaminado quedará sin efecto una vez que el proponente remita el respectivo informe en el cual se pueda verificar mediante análisis de laboratorio que los parámetros se encuentran dentro de los límites permisibles, lo cual será notificado al sujeto de control. Esto, no obstante, no lo libera de responsabilidades ulteriores. (MAE, 2015).

En el caso de que la remediación no permita alcanzar los niveles establecidos en la Tabla 6, ya sea por razones técnicas, ambientales o de otra índole, apropiadamente justificadas, la Autoridad Ambiental de Control podrá aceptar soluciones orientadas a reducir la exposición a los contaminantes de personas y/o ecosistemas, para lo cual se pondrán en práctica medidas de contención, de confinamiento, o de otro tipo, de los suelos afectados. Esto, no obstante, no libera al sujeto de control de responsabilidades ulteriores. (MAE, 2015)

Tabla 5: Criterios de Calidad de Suelo.

Parámetro	Unidades (Concentración en peso seco)	Valor
Conductividad	uS/m	200
pH		6a8
Mercurio (Hg)	mg/kg	0.1

Fuente:(MAE, 2015).

Tabla 6. Criterios de remediación

Parámetro	Unidades	Uso del Suelo			
		Residencial	Comercial	Industrial	Agrícola
Conductividad	uS/mm	200	400	400	200
Ph		6a8	6a8	6a8	6a8
Mercurio (Hg)	Mg/kg	1	10	10	0.8

Fuente:(MAE, 2015).

4.8.7. Tipos de Muestreo.

El muestreo representativo debe tener altos niveles de precisión y exactitud, que garanticen que una muestra o grupo de muestras sea representativa y proporcione con precisión las características del sitio, además de que los resultados sean reproducibles. A medida que se incrementa el número de muestras, aumenta la exactitud y la precisión (Mason 1992, p-13).

4.8.7.1. Muestreo a juicio.

Un muestreo selectivo o a juicio se presenta cuando los elementos son seleccionados mediante un criterio personal y generalmente lo realiza un experto. Sus principales ventajas son la facilidad de realización y sus bajos costos, además de que se puede llevar a cabo en zonas heterogéneas como en zonas homogéneas. (Mason 1992, p-4).

4.8.7.2. Muestreo aleatorio simple.

Este tipo de muestreo se emplea en casos en los que se dispone de poca información acerca de las características de la población a medir; se basa en la teoría de probabilidades y siempre requiere de un análisis estadístico. El medio más común para minimizar la desviación estándar en esta selección es asignarle un número a cada unidad de población y extraer unidades de muestras de una tabla de números aleatorios. (Mason 1992, p-14).

“Este tipo de muestreo es recomendable para áreas homogéneas menores a cinco hectáreas, delimitadas por referencias visibles a lo largo y ancho de toda la zona.” (Valencia y Hernández 2002, p-131).

4.8.7.3. Muestreo Estratificado.

En este tipo de muestreo, la población en estudio se subdivide en estratos o subgrupos que tienen cierta homogeneidad en el terreno y en cada estrato se realiza un muestreo aleatorio simple. El requisito principal para aplicar este método de muestreo es el conocimiento previo de información que permita subdividir la población; es recomendable para áreas mayores de diez hectáreas y cuando el terreno no es homogéneo (Mason 1992, Valencia y Hernández 2002).

4.8.7.4. Muestreo Sistemático.

Este método consiste en ubicar las muestras en un patrón regular en toda la zona de estudio puede realizarse a partir de un punto determinado al azar, a partir del cual se establece cierta distancia para ubicar los demás puntos (a distancias uniformes entre sí). Este tipo de muestreo puede realizarse por rejilla rectangular o polar (Mason 1992, p-169). Puede llevarse a cabo en superficies de

cualquier tamaño, es decir la distancia equidistante entre los puntos de muestreo pueden ser de unos centímetros, metros o hasta kilómetros, lo cual depende del tipo de estudio que se esté realizando (Valencia y Hernández 2002, p-132).

4.8.7.5. Muestreo de Identificación (MI).

El muestreo de identificación tiene por objetivo investigar la existencia de contaminación del suelo a través de la obtención de muestras representativas con el fin de establecer si el suelo supera o no los Estándares de Calidad Ambiental y/o los valores de fondo de acuerdo a lo establecido a la Normativa Legal. El alcance del MI estará definido por los resultados y conclusiones de la investigación histórica y el levantamiento técnico (inspección) del sitio.

Para la elaboración del muestreo de identificación es necesario utilizar la información de la investigación histórica y la inspección del sitio potencialmente contaminado, que provee de insumos para la elaboración del modelo conceptual inicial, el mismo que debe ser lo suficientemente detallado para identificar claramente las fuentes potenciales o sospechosas de contaminación. La hipótesis de distribución de contaminantes contenidas en el modelo conceptual orientan el diseño del muestreo de identificación.

4.8.7.5.1. Para el Muestreo de Identificación

El número mínimo de puntos de muestreo se determina en función de cada área de potencial interés dentro del predio de estudio, según lo establecido en la Tabla N° 1, que abarca el número total de los puntos de muestreo, tanto superficial (área de toma de muestras compuestas) como de profundidad.

Tabla 6: Número mínimo de puntos de muestreo para el Muestreo de Identificación.

Área de potencial interés (Ha).	Puntos de muestreo en total
0,1	4
0,5	6
1	9
2	15
3	19
4	21
5	23
10	30
15	33
20	36
25	38
30	40
40	42
50	44
100	50

Fuente: *Guía para muestreo de suelos, 2014*

4.8.7.6. Tipos de Muestras.

4.8.7.6.1. Muestras simples.

Las muestras colectadas en un tiempo y en un lugar particular son llamadas muestras simples. Este tipo de muestras representa las condiciones puntuales de una muestra de la población en el tiempo que fue colectado. Una muestra simple se puede considerar representativa cuando la composición de los contaminantes en un suelo es estable, es decir, no varía con el tiempo (Csuros y Csuros 2002, p-372).

4.8.7.6.2. Muestras compuestas.

La muestra compuesta es un promedio de la composición de muestras simples, las cuales deben ser del mismo volumen y representar el mismo horizonte del suelo muestreado, por lo que solo deben mezclarse muestras

obtenidas de la misma profundidad y mediante el mismo diseño de muestreo. Se debe realizar el procedimiento de cuarteo. (Valencia y Hernández, 2002, p-132).

4.9. Marco legal

Dentro de todo proyecto investigativo existen leyes, derechos, estatutos, etc., que deberán ser aplicados para obtener un beneficio común. En el Ecuador existe una Constitución su última aprobación fue en el año 2008, la cual proporciona el marco para la organización del Estado ecuatoriano, y para la relación entre el gobierno con la ciudadanía ecuatoriana.

En la Constitución del Ecuador, particularmente en el **Art. 72 menciona** que “La naturaleza tiene derecho a la restauración. Esta restauración será independiente de la obligación que tienen el Estado y las personas naturales o jurídicas de indemnizar a los individuos y colectivos que dependan de los sistemas naturales afectados.

En los casos de impacto ambiental grave o permanente, incluidos los ocasionados por la explotación de los recursos naturales no renovables, el Estado establecerá los mecanismos más eficaces para alcanzar la restauración, y adoptará las medidas adecuadas para eliminar o mitigar las consecuencias ambientales nocivas.

En el **Art. 409** menciona que “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 el **Art. 410** menciona que “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”.

En la ley minera en el **Art. 70** menciona que el “Resarcimiento de daños y perjuicios.- Los titulares de concesiones y permisos mineros están obligados a ejecutar sus labores con métodos y técnicas que minimicen los daños al suelo, al medio ambiente, al patrimonio natural o cultural, a las concesiones colindantes, a terceros y, en todo caso, a resarcir cualquier daño o perjuicio que causen en la realización de sus trabajos. La inobservancia de los métodos y técnicas a que se refiere el inciso anterior se considerará como causal de suspensión de las actividades mineras; además de las sanciones correspondientes”.

En la **Art. 80** menciona que la “Revegetación y Reforestación.- Si la actividad minera requiere de trabajos a que obliguen al retiro de la capa vegetal y la tala de árboles, será obligación del titular del derecho minero proceder a la revegetación y reforestación de dicha zona preferentemente con especies nativas, conforme lo establecido en la normativa ambiental y al plan de manejo ambiental”.

En el **Art. 85** menciona que el “Cierre de Operaciones Mineras.-En un plazo no inferior a dos” años previo al cierre o abandono total de operaciones para las actividades mineras de explotación, beneficio, fundición o refinación, el concesionario minero deberá presentar ante el Ministerio del Ambiente, para su aprobación, un Plan de Cierre de Operaciones que incluya la recuperación del sector o área, un plan de verificación de su cumplimiento, los impactos sociales y su plan de compensación y las garantías indicadas en la normativa ambiental

vigente; así como, un plan de incorporación a nuevas formas de desarrollo económico”.

4.10. Otros estudios realizados

Estudio 1: Capacidad del Guarumo (*Cecropia Peltata*) como planta fitorremediadora de suelos contaminados con mercurio en la ciudad de Santa Cruz, las tasas de remoción de Hg en suelo de la mina de Santa Cruz, estuvieron entre 15.7% y 33.7 %, en cuatro meses de crecimiento de la planta, lo que implica que esta especie tiene una significativa capacidad para ser empleada en fitorremediación de suelos contaminados considerados en este estudio. Y al igual que en la acumulación del contaminante en tejidos, las variables de mayor influencia en las tasas de remoción del suelo son el tiempo de tratamiento y el grado de contaminación del suelo. También cabe destacar que el ácido cítrico no contribuye a una mayor acumulación en tejidos ni remoción de Hg del suelo contaminado. (Vidal, 2009).

Estudio 2: “Capacidad de tres especies vegetales amaranto (*Amaranthus hybridus*), alfalfa (*Medicago sativa*), acelga (*Beta vulgaris var. Cicla*) para la absorción de plomo en suelos contaminados utilizando la técnica de fitorremediación”. Las plantas se desarrollaron en semilleros, para luego ser trasplantadas a una matriz de suelos contaminados con plomo. La germinación de las mismas se dio bajo dos condiciones: Germinación de las especies en el invernadero sin la adición de abonos o sustrato para su crecimiento y germinación de semillas en una Empresa (Pilvixa) en la cual al momento de crecimiento de las especies se realizó la adición de abonos orgánicos, sustrato para su crecimiento. En los resultados obtenidos se determina que las especies

de *Amaranthus hybridus* (amaranto), *Medicago sativa* (alfalfa) presentan mayor capacidad de hiper-acumulación de plomo en sus tejidos, al estar expuesta a suelos contaminados con este metal; esto se presenta a medida que aumenta el tamaño y edad de la planta, lo que hace que estas especies presenten un potencial para la remediación de suelos contaminados con plomo. (Bonilla. 2013).

5. MATERIALES Y MÉTODOS.

5.1. Materiales

5.1.1. Materiales de campo

- Herramientas: barreta, nivel, lampa, flexómetro, martillo, machete.
- Materiales de instalación y construcción:
- GPS
- Recipientes de plástico
- Fundas ziploc
- Bolsas de papel
- Caja cooler
- Cámara fotográfica
- Libreta y hojas de registro
- Vehículo

5.1.2. Materiales de oficina

- Computador
- Internet
- Calculadora
- Impresora
- Hojas de papel bond
- Medios de almacenamiento: flas memory, CDs
- Útiles de oficina: bolígrafos, tablero, borrador, etc.

5.2. Métodos

5.2.1. Descripción del área de estudio

5.2.1.1. *Ubicación del área de estudio.*

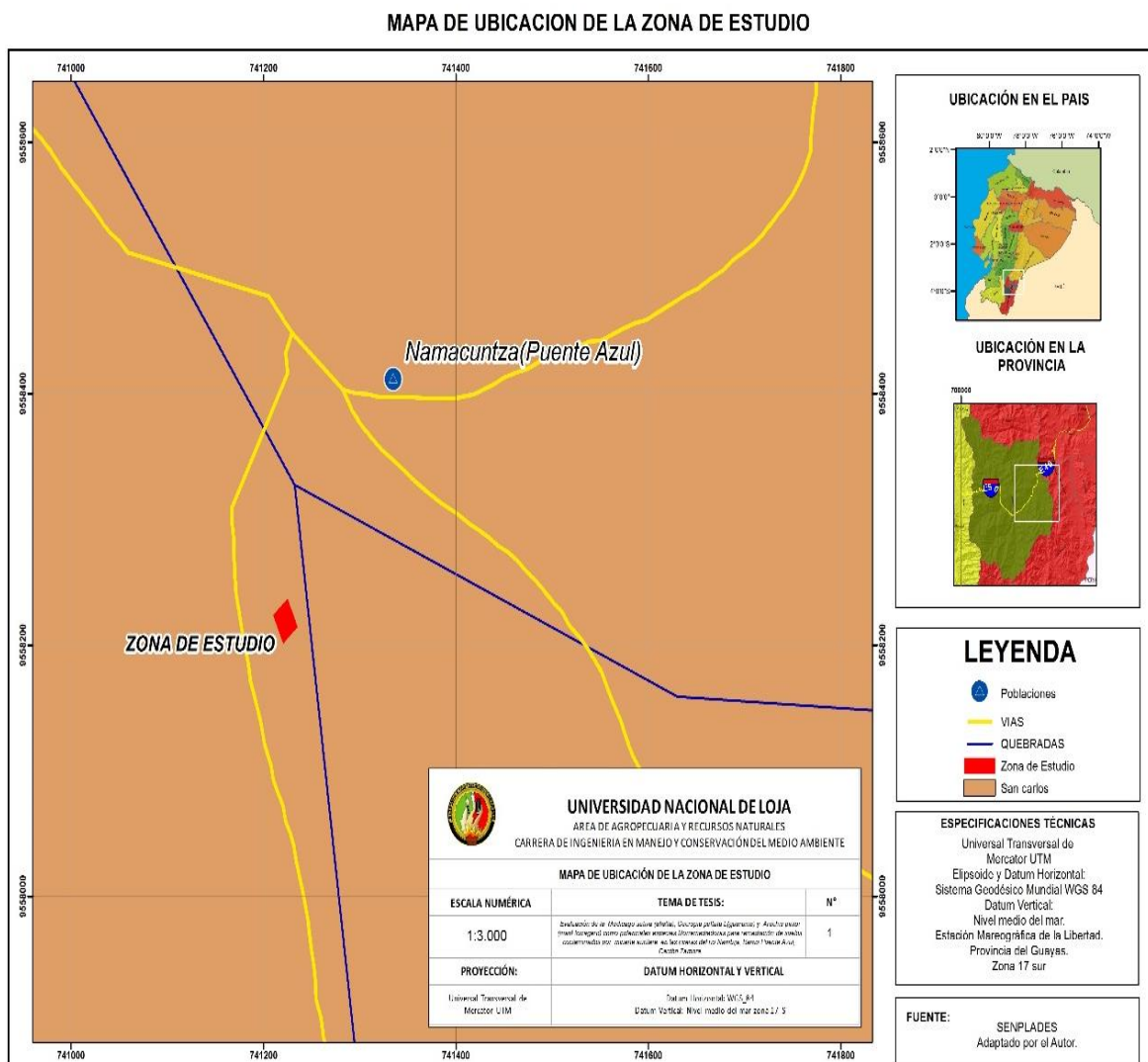
El área de estudio, se encuentra ubicada en el Barrio Puente Azul perteneciente a la Parroquia San Carlos de Las Minas, Cantón Zamora, perteneciente a la provincia de Zamora Chinchipe al sur de Ecuador; está situado en el margen del río Nambija, aproximadamente a unos 4 kilómetros del barrio Namírez bajo. La distancia desde Zamora: 27Km (30 minutos).

El área de estudio se encuentra ubicada en las siguientes coordenadas UTM:

Cuadro 2. *Ubicación geográfica del área de estudio.*

PUNTOS	COORDENADAS UTM/WGS 84	
	X	Y
1	741236	9558213
2	741225	9558237
3	741210	9558224
4	741218	9558201

En el presente mapa se presenta la ubicación de lalugar de investigación.



Mapa 1. Ubicación del área de estudio (Barrio Puente Azul).

Fuente: GAD Parroquial de San Carlos de las Minas adaptado por la autor.

Los límites se presentan a continuación:

- **Norte:** barrio San Agustín
- **Sur:** parroquia San Carlos de las Minas
- **Este:** barrio Namacuntza
- **Oeste:** parroquia Cumbaratza

5.2.1.2. Clima.

La Parroquia 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 un clima húmedo subtropical cuya temperatura media anual esta entre 18 y 22° C. los meses de menor temperatura promedio son: junio, julio, agosto y septiembre, y los meses de mayor temperatura son: octubre, noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo, abril y mayo. Altitud: 960 m.s.n.m. (GAD Parroquial San Carlos, 2012).

5.2.1.3. Hidrología.

El barrio Puente Azul está rodeado por varias vertientes y las quebradas Namacunza, Japanza, y Caraguishina. La microcuenca más representante es la del rio Nambija, la misma que forma la gran cuenca del rio Zamora

5.3. Metodología del objetivo 1

Diagnosticar el nivel de contaminación actual del suelo por mercurio en las riveras del rio Nambija, Barrio Puente Azul.

5.3.1. Criterios de selección del área a muestrear.

Aproximadamente 20 Ha que son parte de la concesión pertenecen al barrio Puente Azul, de las cuales el 80% esta intervenido; esto equivale a 16 ha. En estas áreas intervenidas se procederá a seleccionar el área a muestrear en base a los siguientes criterios:

- Necesidad de finqueros por recuperar los suelos degradados por consecuencia de la actividad aurífera.

- Áreas que hayan sido intervenidas por minería aurífera.
- Áreas que no han sido recubiertas por la capa arable
- El área a muestrear se encuentra en las riveras del río Nambija.

5.3.2. Delimitación del Área a muestrear.

Una vez seleccionado el área a través de los criterios de selección se procedió a seleccionar el lugar de muestreo en las riveras del río Nambija Barrio Puente Azul, determinando un área de 10X10m²; donde se tomó la muestra de 340 libras(154,54 kg) a una profundidad de 10 a 40cm.

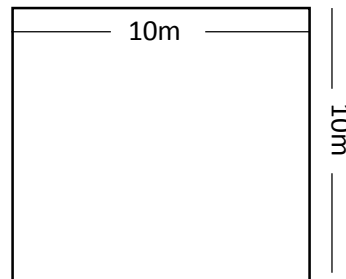


Figura 1.Diseño de muestreo

5.3.3. Tipo de muestreo

El tipo de muestreo fue simple al azar y se aplicó muestra simple.

5.3.4. Tipo de envase

La muestra se recolectó en fundas plástica tipo ziplock de 1 kg, luego se colocaron en una caja cooler a una temperatura de 4°C, para evitar la alteración de las características físico-químicos de las muestras, hasta realizar su respectivo análisis

5.3.5. Recolección de la muestra.

Antes de comenzar el muestreo se procedió a lavarse bien las manos con jabón y enjuagarlas suficientemente, utilizando guantes para el muestreo; con la ayuda de una barreta y una pala se realizó una excavación retirando el sustrato hasta alcanzar una profundidad de 10 a 40 cm, después con una pala pequeña y guantes se extrajo (154,54 kg) 340 libras de material a 6 metros de distancia de las riveras del río Nambija, se homogenizó y se obtuvo 1kg para enviar al laboratorio y el resto de material se utilizó para la construcción del ensayo.



Fotografía 1. Recolección de la muestra

Se recolectó evidencias mediante fotografías del sitio en las cuales se realizó el muestreo, cada muestra se documentó detalladamente considerando aspectos como: lugar, profundidad, coordenadas etc.



Fotografía 2. Traslado de las muestras al laboratorio.

5.3.6. Etiquetado

La muestra se etiquetó de la siguiente manera: código de la muestra, fecha y hora del muestreo, cantidad de la muestra, coordenadas, nombre de la persona que realizó el muestreo.



Fotografía 3. *Etiquetado de la muestra.*

5.3.7. Envío de muestras al laboratorio

El análisis de las muestras tomadas se realizó en el laboratorio Gruentec (Laboratorio acreditado por el Organismo de Acreditación Ecuatoriana), el tiempo de traslado de las muestra al laboratorio fue de cinco horas.

5.3.8. Parámetros para análisis

Los parámetros que se analizó fueron: mercurio, análisis físico-químicos (textura, materia orgánica, PH, conductividad).

5.3.9. Resultados del laboratorio

Los resultados obtenidos en el laboratorio se compararon e interpretaron con la normativa legal vigente del Acuerdo Ministerial N° 028. Ministerio del ambiente del Ecuador, 2015.

5.4. Metodología del objetivo 2

Evaluar el potencial fitorremediador de *Medicago Sativa* L (Alfalfa) y *Cecropia peltata* L (guarumo) y *Arachis Pinto*W.C (maní forrajero) para la recuperación de suelos contaminados por mercurio en una área experimental en las riveras del río Nambija, barrio Puente Azul.

5.4.1. Tipo de Investigación

En esta investigación de enfoque experimental, se manipuló dos variables de estudio.

Enfoque: Cuantitativo.

Alcance: Correlacional

5.4.2. Hipótesis de investigación:

Hipótesis general: El nivel de descontaminación del suelo contaminados por Hg, depende del potencial fitorremediador de las especies *Medicago Sativa* L (Alfalfa), *Cecropia peltata* L (guarumo) y *Arachis Pinto*W.C (maní forrajero).

Hipótesis específicas.- La especie de *Medicago Sativa* L (Alfalfa) tiene mayor potencial fitorremediador que la especie de *Cecropia peltata* L (guarumo) y *Arachis Pinto*W.C (maní forrajero).

La especie de *Cecropia peltata* L (guarumo) tiene mayor potencial fitorremediador que la especie de *Medicago Sativa* L (Alfalfa) y *Arachis Pinto*W.C (maní forrajero).

La especie de *Arachis Pintoi* W.C (maní forrajero) tiene mayor potencial fitorremediador que la especie de *Medicago Sativa* L (Alfalfa) y *Cecropia peltata* L (guarumo).

Variables:

Dependiente: Nivel de descontaminación del suelo

Independiente: Potencial de fitorremediación de las especies.

5.4.3. Construcción del ensayo

Para la construcción del ensayo se realizó el siguiente proceso.

Los semilleros utilizados para la exposición de las plantas a suelos contaminados por mercurio en el presente estudio correspondieron a maceteros de plástico de 0,80 m de largo x 0,21 m de ancho y 0,18 de profundidad, con drenajes en la parte inferior que facilitan la evacuación del agua en exceso para evitar que las plantas se pudran.

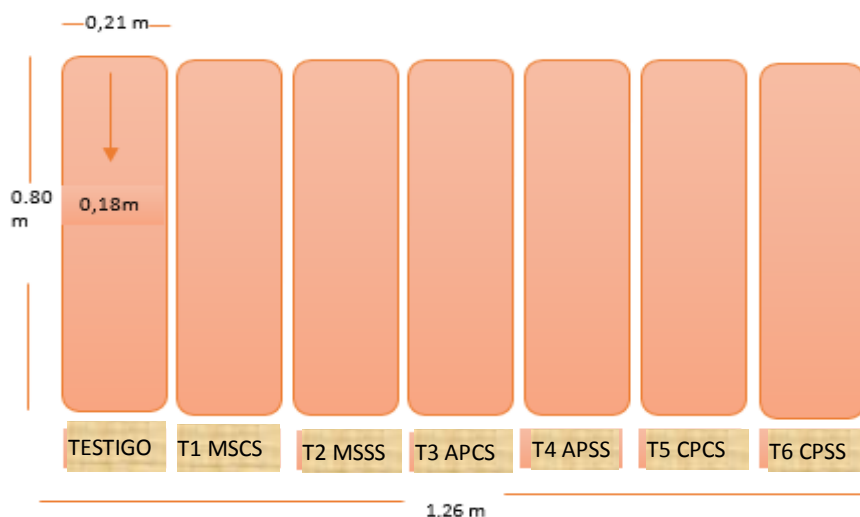


Figura 2. Diseño del ensayo

MSSS= *Medicago Sativa L.* (alfalfa) proveniente de semillero sin sustrato.
MSCS= *Medicago Sativa L.* (alfalfa) proveniente de semillero con sustrato.
APSS= *Arachis Pintoi W. C.* (maní forrajero) proveniente de semillero sin sustrato.
APCS= *Arachis Pintoi W.C.* (maní forrajero) proveniente de semillero con sustrato.
CPSS= *Cecropia Peltata L.* (guarumo) proveniente de semillero sin sustrato.



Fotografía 4. Recipientes plásticos para la construcción de los ensayos.

El sustrato con mercurio fue preparado utilizando el material contaminado extraído de las riveras del río Nambija; el ensayo está formado por seis tratamientos y un testigo como muestra en la figura 2, con una cantidad de 48 libras en cada uno, con un total de 336 libras de suelo como muestra en la foto.



Fotografía 5. Material contaminado extraído de las riveras del Río Nambija.

5.4.4. Elaboración del abono (bocashi)

5.4.4.1. *Materiales.*

- Suelo del bosque 5 baldes de 20 litros
- Estiércol de ganado vacuno 3 baldes de 20 litros
- aserrín 4 baldes de 20 litros
- 1 lb de ceniza
- 2 lb de Carbón
- 3 onzas de Levadura
- Agua
- 4 litros de suero
- 1 litro de leche
- 2 litros de melaza

5.4.4.2. *Preparación del Bocashi.*

En un lugar bajo techo, se colocó los materiales secos en capas uno sobre el otro, hasta formar un montículo.



Fotografía 6. *Materiales para la realización de bocashi.*

Se mezcló el agua, el suero, la melaza y la levadura para humedecer hasta alcanzar entre 30 – 40% de humedad y se procedió a mezclar los materiales. Se verificó la humedad empíricamente a través; esta debe quedar como una unidad sin desmoronarse y sin que gotee líquido. Sin embargo, al tocar el puñado con el dedo, debe desmoronarse fácilmente.



Fotografía 7. *Preparación del bokashi.*

Luego se procedió a cubrir la mezcla con plástico para mantener la temperatura, el proceso duró 15 días, a los 8 días se procedió a remover y se verificó que la temperatura vaya disminuyendo.



Fotografía 8. *Temperatura del bokashi.*

5.4.5. Obtención de material vegetal de *Medicago Sativa* L (Alfalfa)

Las semillas se compraron en centros agropecuarios.

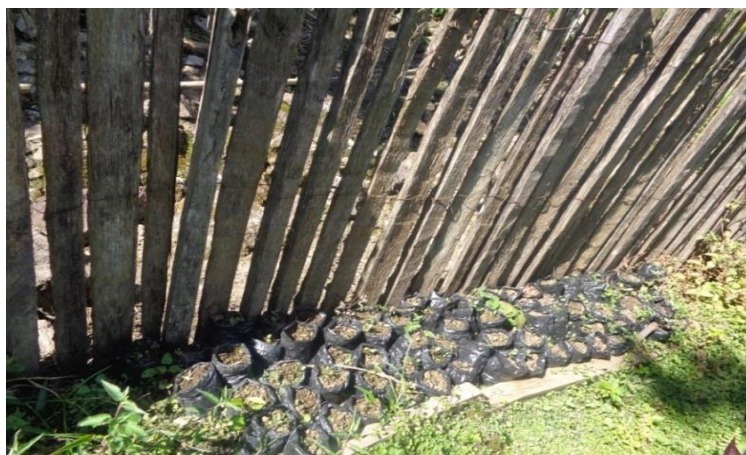
5.4.5.1. *Siembra con sustrato enriquecido a base de bocashi.*

El suelo utilizado como sustrato inicial fue la mezcla de 40% de suelo y 60% de bocashi, luego se procedió a realizar el llenado de las bolsas plásticas de polietileno color negro de 2 libras.



Fotografía 9. *Llenado de bolsas plásticas*

A continuación se realizó la siembra de dos semillas de *Medicago Sativa* L en cada bolsa de polietileno, luego de la siembra se regó las plantas una vez al día



Fotografía 10. *Semilleros de la *Medicago Sativa* L (alfalfa).*

5.4.5.2. Siembra sin sustrato bocashi

Se utilizó suelo como sustrato inicial luego se realizó el mismo procedimiento de la siembra con sustrato bocashi.



Fotografía 11. *Llenado de las bolsas plásticas con suelo negro.*



Fotografía 12. *Semilleros de la Medicado Sativa L (alfalfa).*

5.4.6. Obtención del material vegetal *Cecropia peltata* L (guarumo)

Las plantas se obtuvieron por medio de regeneración natural.



Fotografía 13. *Recolección de muestras por regeneración natural.*

5.4.6.1. *Trasplante con sustrato enriquecido a base de bocashi.*

En las fundas de polietileno previamente llenadas con el sustrato antes indicado; se procedió a realizar el trasplante con la ayuda de una estaca, para luego colocar las plantitas proceder a presionarlas y dejar brotar para su respectivo seguimiento; se realizó el riego diario de cada una de las plantas.



Fotografía 14. *Llenado de bolsas plásticas para el trasplante de guarumo.*



Fotografía 15. *Trasplante de guarumo en suelo con sustrato bocashi.*

5.4.6.2. *Trasplante de Cecropia Peltata L sin sustrato bocshi.*

El suelo utilizado como sustrato inicial fue de suelo, luego se realizó el mismo procedimiento del trasplante con sustrato.

5.4.7. *Arachis Pintoi W.C (maní forrajero)*

Las plantas se obtuvieron por medio de la recolección de regeneración natural, se realizó el mismo procedimiento del trasplante con sustrato y sin sustrato que la *Cecropia Petalta L.*



Fotografía 16. *Trasplante de maní forrajero en suelo con sustrato bocashi.*

5.4.8. Siembra de las especies

5.4.8.1. *Medicago Sativa L (Alfalfa)*.

Se procedió a sacar cuidadosamente las plantas de las bolsas, luego se procedió a la siembra de las plántulas a raíz desnuda en los ensayos y llenando los costados con tierra, se sembró 3 plantas de *Medicago Sativa L* (alfalfa) en cada uno de los 10 hoyos del macetero; las plantas provenientes de semilleros con sustrato (bocashi) y sin sustrato (bocashi) se sembraron en dos maceteros respectivamente. Ver figura 3. La siembra se realizó con una separación de 13.3 cm por hoyo a lo largo del macetero y 7 cm a lo ancho del macetero.

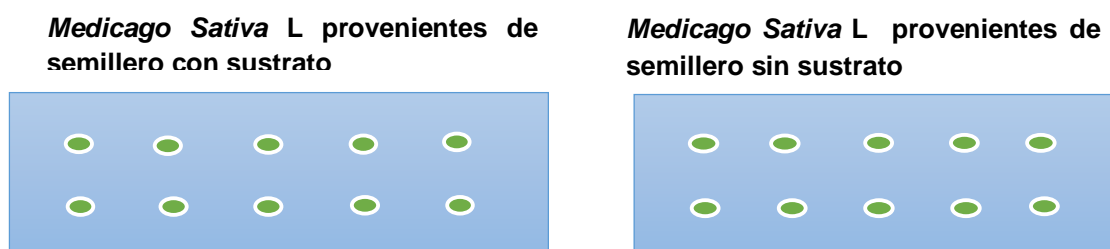


Figura 3. Diseño para siembra de *Medicago Sativa L* (Alfalfa).

5.4.8.2. *Cecropia Peltata L (Guarumo)*.

Se procedió a sacar cuidadosamente las plantas de las bolsas, luego se procedió a la siembra de las plántulas a raíz desnuda en los ensayos y llenando los costados con tierra, se sembró 1 planta de *Cecropia Peltata L* (Guarumo) en cada uno de los 10 hoyos del macetero; las plantas provenientes del semillero con sustrato (bocashi) y sin sustrato se sembraron en dos maceteros respectivamente, ver figura 4.

La siembra se realizó con una separación de 13.3 cm por hoyo a lo largo del macetero y 7 cm a lo ancho del macetero.

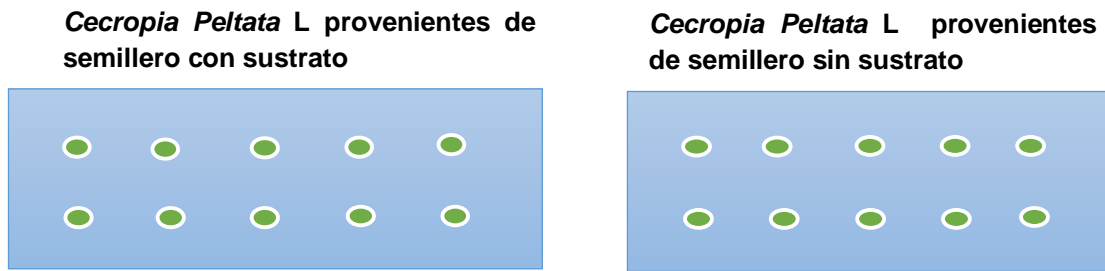


Figura 4. Diseño para siembra *Cecropia Peltata* L (Guarumo).

5.4.8.3. *Arachis Pintoi* L (maní forrajero).

Se realizó el mismo procedimiento de la *Cecropia Peltata* L (guarumo). Ver fig. 5.



Figura 5. Diseño para siembra *Arachis Pintoi* W.C (maní forrajero).



Fotografía 17. Siembra de *Medicago Sativa* L, *Cecropia Peltata* L y *Arachis Pintoi* W.C en el ensayo.

5.4.9. Seguimiento y Control

Se identificó cada planta con un código numérico del 1 al 10 con el fin de facilitar el seguimiento y control.



Fotografía 18. Identificación de cada planta con un código.

El seguimiento de las plantas se realizó cada 15 días durante 16 semanas para *Cecropia Peltata L* (guarumo) y 12 semanas para *Medicago Sativa L* (alfalfa) y *Arachis pintoi W .C* (maní forrajero) sobre las características morfológicas como: altura, diámetro, número de hojas y mortalidad, además se contó el número de hojas con clorosis.



Fotografía 19. Seguimiento de las plantas.

Se hizo su debida reposición de cada planta que muera durante los primeros 30 días del primer mes, caso contrario las plantas que mueran pasados los 30 días ya no se realizó la reposición de las mismas para evitar alteraciones

en la concentración de Hg en el suelo y sistema radicular de las especies vegetales.

5.4.10. Toma de muestra de suelo en el ensayo.

La toma de muestras de los suelos se realizó de la siguiente manera:

Una vez cumplido 12 semanas para la *Medicago sativa* L (alfalfa) y *Arachis Pintoi* W.C (maní forrajero); 16 semanas para *Cecropia Peltata* L (guarumo) del proceso de remediación del suelo se procedió a extraer todas las plantas de cada tratamiento; luego se procedió a extraer el sustrato de suelo a una profundidad de 10 cm, inmediatamente se realizó la mezcla del suelo de cada tratamiento y se obtuvo una muestra representativa y se envió al laboratorio.



Fotografía 20. Toma de muestras.

Se dispuso de guantes y protección adecuada para no tocar el suelo contaminado y no tener afectaciones cutáneas durante los trabajos de muestreo.

Se aplicó el mismo protocolo de muestreo que se utilizó para muestrear suelos del primer objetivo (recolección de las muestras, etiquetado, envío de muestras al laboratorio, parámetros para análisis, resultados del laboratorio)



Fotografía 21. *Muestras recolectadas.*



Fotografía 22. *Documentación de cada muestra.*

5.4.11. Diseño estadístico de las especies vegetales.

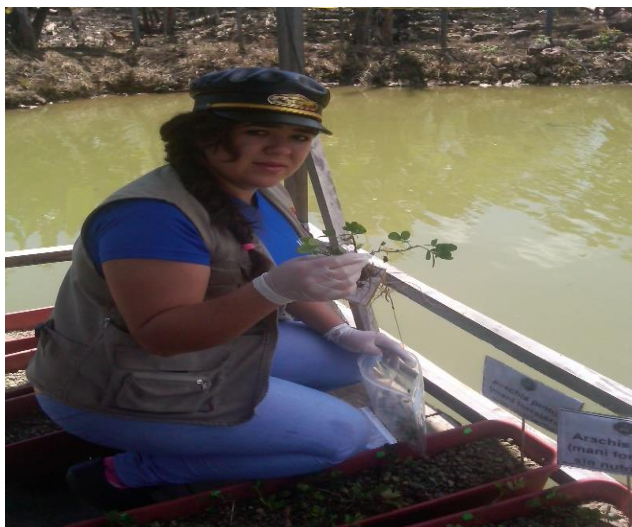
Se lo realizó a través del chi-cuadrado.

5.5. Metodología del objetivo 3

Evaluar el grado de concentración de mercurio en la planta *Medicago Sativa* L (Alfalfa) y *Cecropia peltata* L (guarumo) y *Arachis Pintoi* W.C (maní forrajero)

5.5.1. Tipo de muestreo

Se procedió a recolectar todas las plantas de cada macetero del ensayo.



Fotografía 23. *Recolección de las plantas.*

5.5.2. Número de muestras

Se recolectó tres muestras una por cada tratamiento de *Arachis Pintoy* W.C provenientes de semillero con sustrato, *Arachis Pintoy* W.C provenientes de semillero sin sustrato, *Cecropia Peltata* L sin bocashi; el resto de plantas de los otros tratamientos murieron.



Fotografía 24. *Número de muestras a recolectar*

5.5.3. Cantidad de muestras.

Cada muestra vegetal contenía 100 gr.

5.5.4. Profundidad de la muestra

Las muestras se recolectaron a una profundidad que evite dañar sus raíces.

5.5.5. Recolección de muestras

Una vez cumplido el tiempo de remediación del suelo de cada parcela se procedió a sacar cada una de las plantas tratando de dañar lo menos posible sus raíces.



Fotografía 25. *Recolección de muestras.*

Se dispuso de guantes y protección adecuada para no tocar a las plantas y no tener afectaciones cutáneas durante los trabajos de muestreo.



Fotografía 26. *Protección adecuada para la recolección de muestras.*

Cada muestra se documentó detalladamente considerando aspectos como: lugar, profundidad, coordenadas etc,



Fotografía 27. Documentación de cada muestra.

5.5.6. Tipo de envase

Una vez colectada la muestra se colocó en fundas de tipo Ziploc de 4 kg luego se colocó en una caja cooler a 4°C, para evitar la alteración de las propiedades físico- químicas de las muestras, hasta realizar su respectivo análisis.



Fotografía 28. Envase de la muestra recolectada.

5.5.7. Etiquetado

Las fundas se etiquetó de la siguiente manera: código de la muestra, fecha y hora del muestreo, cantidad de la muestra, coordenadas, nombre de la persona que realizó el muestreo.



Fotografía 29. *Envase de la muestra recolectada.*

5.5.8. Envío de muestras al laboratorio

El análisis de las muestras tomadas se realizó en el laboratorio Gruentec (Laboratorio acreditado por la Organismo de Acreditación Ecuatoriana), el tiempo de traslado de las muestra al laboratorio fue de cinco horas.



Fotografía 30. *Caja cooler para envío de las muestras al laboratorio.*

5.5.9. Parámetros para análisis

Los parámetros a analizados fueron: mercurio.

5.5.10. Análisis de la muestra en el laboratorio.

Con los resultados obtenidos en el laboratorio se realizó los respectivos análisis e interpretación de las concentraciones de las especies fitorremediadoras y la comparación con otros estudios realizados.

6. RESULTADOS.

6.1. Resultados del Primer Objetivo Específico.

Diagnosticar el nivel de contaminación actual del suelo por mercurio en las riveras del río Nambija, barrio Puente Azul.

6.1.1. Descripción del sitio.

La concentración de mercurio en las riveras del río Nambija se da debido a la utilización de este metal en años anteriores y en la actualidad en forma directa por diferentes frentes mineros y en la planta de beneficio para la recuperación del oro, al momento que el material de mina pasa sobre las mallas posiblemente son arrastradas junto al material pequeñas partículas de mercurio, de ésta forma se está contaminando el suelo mediante el proceso de extracción minera, una vez pasado el material de mina sobre las mallas de clasificación el material nuevamente es utilizado para reponer los boquetes sin ningún tipo de análisis ni remediación, siendo arrastrado por las aguas del río Nambija dejando contaminado al paso las riveras, es así como quedan contaminadas todas las áreas donde se realizan trabajos extractivistas de mineral oro.

Para la realización de la siguiente investigación se contó con el apoyo de los finqueros integrantes de la Asociación de Pequeños Mineros Autónomos de las Cuencas del Río Nambija, ellos sienten la necesidad de recuperar los suelos degradados y contaminados por consecuencia de la actividad aurífera; lo cual han propuesto que se incluya en la investigación a la especie de *Arachis Pintoy W.C* (Maní Forrajero).

Para la cual se ha realizado una visita exhaustiva por las riveras del río Nambija conjuntamente con el Presidente y el Gerente de la Asociación y se ha escogido una zona del barrio Puente Azul, ya que en el sector están realizando minería y se encontró un área intervenida que no ha sido recubierta por la capa arable.

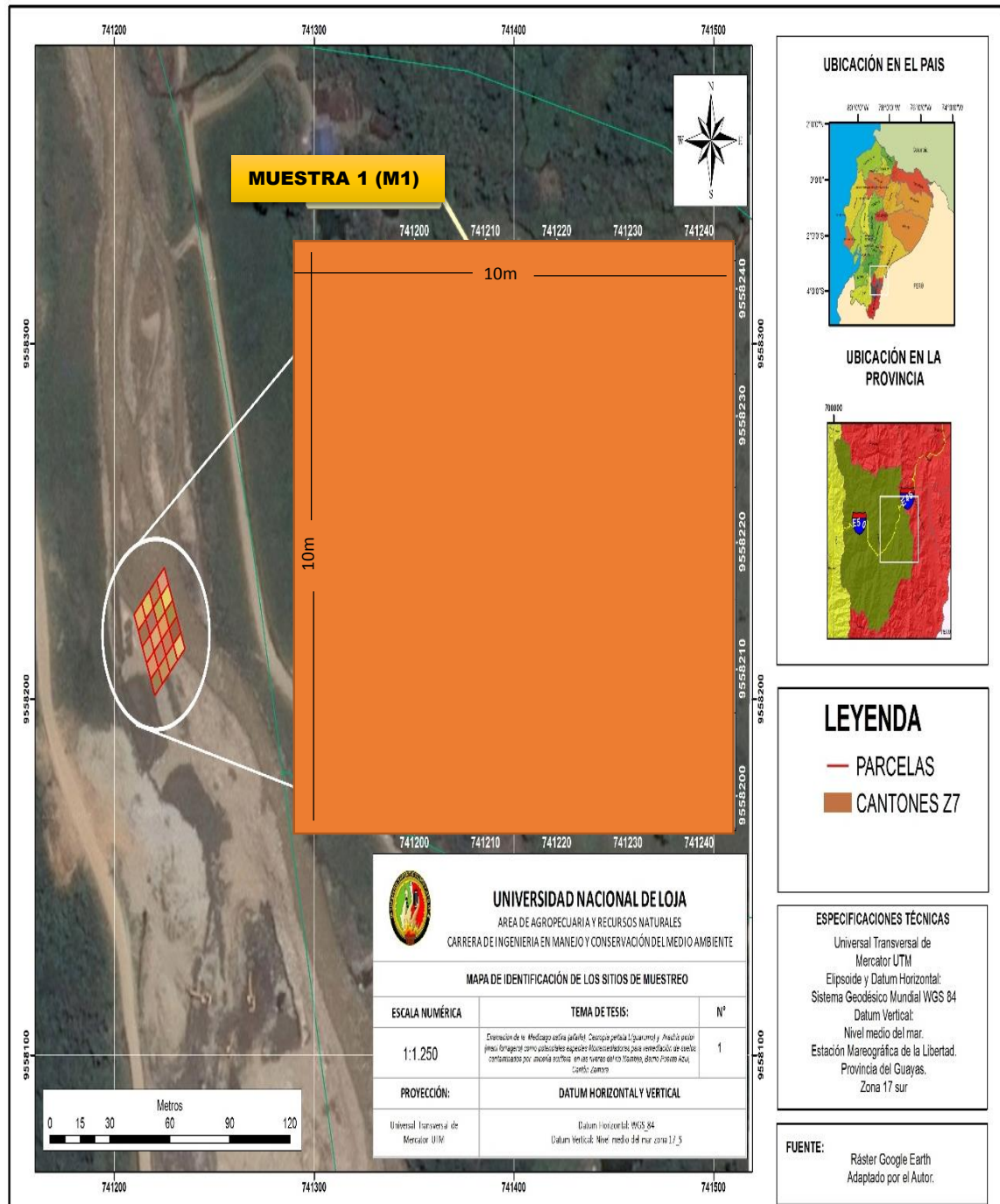
El área escogida para la investigación se encuentra a la orilla del río Nambija y a 30 metros aproximadamente se visualizó vegetación como *Arachis Pintoi* W.C (maní forrajero) y pasto *Brachiaria decumbes* C.V; el suelo del lugar es arenoso.



Fotografía 31. *Muestro inicial*

6.1.2. Identificación de los puntos de muestreo.

En el siguiente mapa se presenta el sitio en donde se realizó el muestreo.



Mapa 2. Identificación de los sitios de muestreo.

6.1.3. Resultados de los análisis del suelo.

Cuadro 3. Resultado de los análisis físico-químicos y Hg del suelo.

Resultados de laboratorio			
Parámetro	Unidad	Promedio	Denominación
Potencial de hidrógeno	Ph	5,7	Medianamente ácido
Conductividad	dS/m	0,07	Suelo no salino
Textura	-----	Arenoso	86- 100 Arenoso
Materia orgánica	%	0,57	Muy bajo
Hg	mg/kg	174	Suelo contaminado

Fuente: Laboratorio Gruntec

Mediante análisis de laboratorio realizado se comprobó que el suelo tiene el pH de 5.7 se clasifica dentro del rango de moderadamente ácido esta, la conductividad eléctrica en el área de investigación es de 0,07 dS/m se clasifica dentro del rango suelo no salino, la textura que presenta el área de investigación se ubica dentro de la clasificación de textura arenosa con un porcentaje de 86-100%, la materia orgánica presenta un porcentaje de 0,57 % y presenta una concentración de mercurio de 174 mg/kg.

6.2. Resultados del Segundo Objetivo Específico:

Evaluar el potencial fitorremediador de *Medicago Sativa L* (Alfalfa), *Cecropia peltata L* (guarumo) y *Arachis Pintoi W.C* (maní forrajero) para la recuperación de suelos contaminados por mercurio en una área experimental en las riveras del río Nambija, barrio Puente Azul.

6.2.1. Seguimiento y control de las especies.

En el presente cuadro se presenta la información de cada planta **de** *Arachis Pintoi L* (maní forrajero) en lo correspondiente a la altura, diámetro, número de hojas, mortalidad, y número de hojas con clorosis; la misma que se realizó por quincenas.

Cuadro 4. Seguimiento y control de *Medicago sativa* L (alfalfa).

Promedio	PRIMERA QUINCENA					SEGUNDA QUINCENA					TECERA QUINCENA					CUARTA QUINCENA					QUINTA QUINCENA					SEXTA QUINCENA					
	altura cm	Diámetro	número de hojas	Mortalidad	nº de hojas con clorosis	altura cm	Diámetro	número de hojas	Mortalidad	nº de hojas con clorosis	altura cm	Diámetro	número de hojas	Mortalidad	nº de hojas con clorosis	altura cm	diámetro	número de hojas	Mortalidad	nº de hojas con clorosis	altura cm	diámetro	número de hojas	Mortalidad	nº de hojas con clorosis	altura cm	diámetro	número de hojas	Mortalidad	nº de hojas con clorosis	
T1 MSCS	MORTALIDAD					MORTALIDAD					2	0,15	4	0	0	2	0,15	4	0	0	ORTALIDAD	3,3	0,2	20	20	0	MORTALIDAD				
T1 MSSS	MORTALIDAD					MORTALIDAD					2	0,15	4	0	0	2	0,15	4	0	0	ORTALIDAD	3,3	0,2	20	20	0	MORTALIDAD				

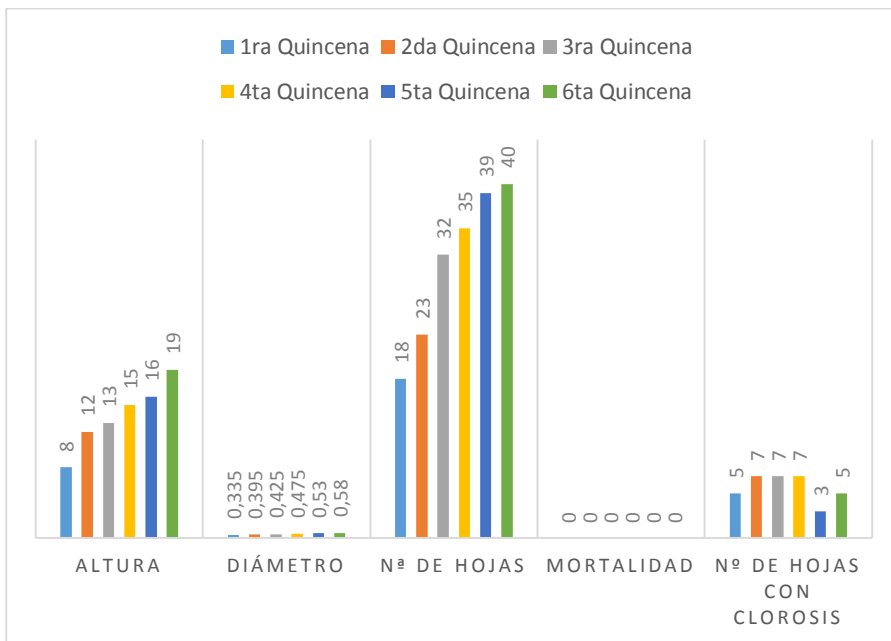
En el siguiente cuadro se puede observar que no se pudo evaluar a esta especie ya que no se pudo realizar todo el proceso de seguimiento de esta especie, ya que no se adaptaron a estos suelos.

Cuadro 5. Seguimiento y control de *Arachis Pintoi* W.C. (maní forrajero).

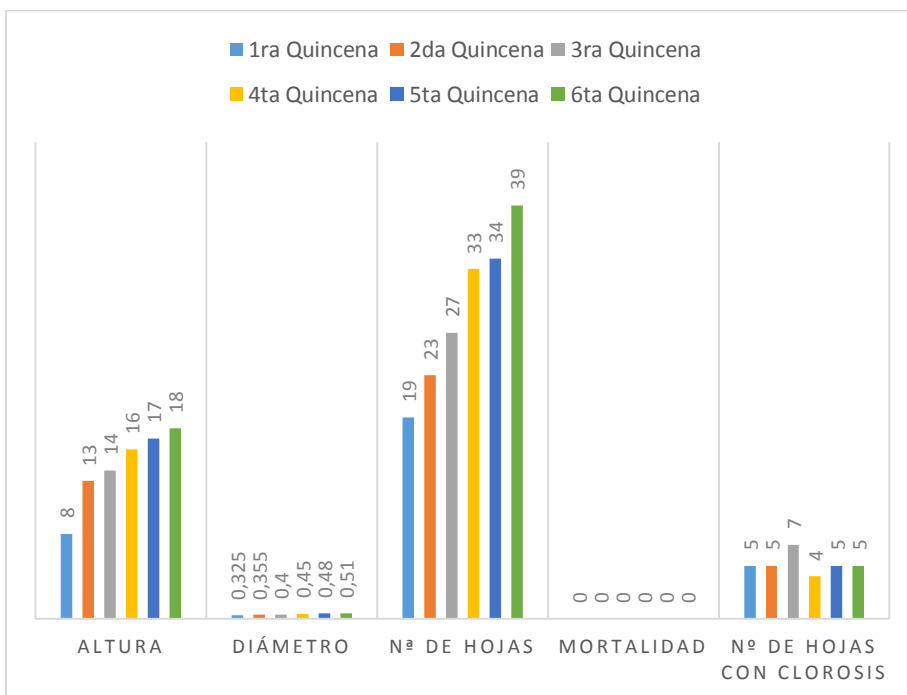
T4 APSS	T3 APCS	PROMEDIO					PRIMERA QUINCENA					SEGUNDA QUINCENA					TECERA QUINCENA					CUARTA QUINCENA					QUINTA QUINCENA					SEXTA QUINCENA				
		altura cm	diámetro	número de hojas	Mortalidad	nº de hojas con clorosis	altura cm	Diámetro	número de hojas	Mortalidad	nº de hojas con clorosis	altura cm	diámetro	numero de hojas	Mortalidad	nº de hojas con clorosis	altura cm	diámetro	número de hojas	Mortalidad	nº de hojas con clorosis	altura cm	Diámetro	número de hojas	Mortalidad	nº de hojas con clorosis	altura cm	Diámetro	número de hojas	Mortalidad	nº de hojas con clorosis					
8	8	0,33	0,40	19	0	5	13	0,34	0,40	23	0	5	14	0,4	0,43	27	0	7	16	0,45	0,46	33	0	4	17	0,48	0,53	34	0	5	18	0,51	0,58	39	0	5

En el siguiente cuadro podemos observar que en la primera quincena no hay diferencia en cuanto a la altura de las plantas pero para la sexta quincena hay una diferencia de 2cm para los dos tratamientos; en cuanto al diámetro hay una pequeña diferencia de 1 mm, en el número de hojas presenta una diferencia mínima de 1 hoja tanto para la primera y sexta quincena entre los dos tratamientos, no existió mortalidad de las plantas, en cuanto al número de hojas con clorosis no hay diferencia alguna.

En los siguientes gráficos se presenta información sobre el seguimiento realizado a la especie *Arachis Pintoi* W.C (maní forrajero)



Gráfica 1. Seguimiento de *Arachis Pintoi* W.C. provenientes de semilleros con sustrato



Gráfica 2. Seguimiento de *Arachis Pintoi* L provenientes de semilleros sin sustrato

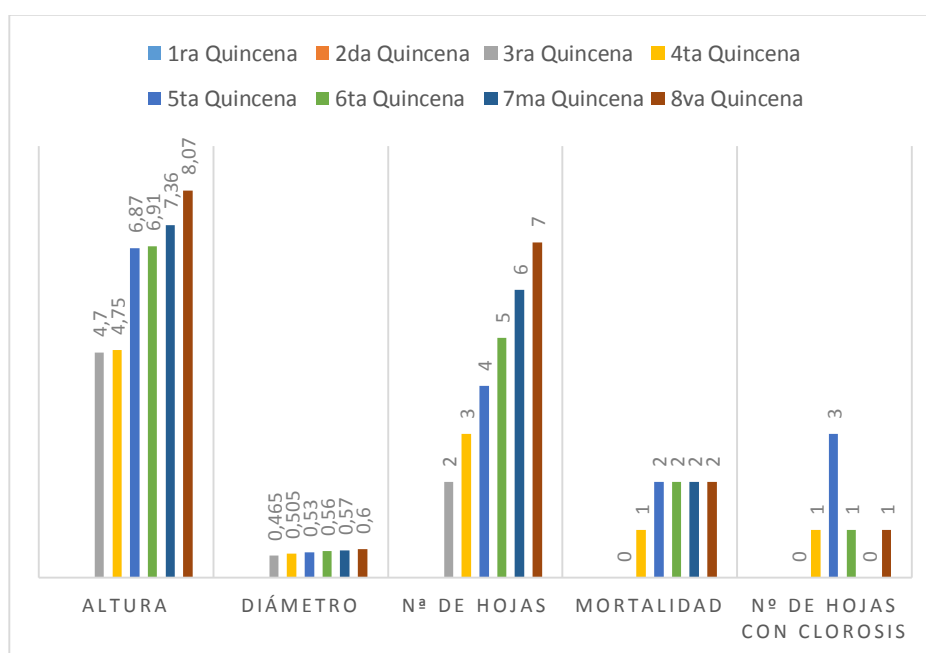
En el presente cuadro se presenta la información de cada planta de *Cecropia Peltata* L (guarumo), en lo correspondiente a la altura, diámetro, número de hojas, mortalidad, y número de hojas con clorosis; la misma que se realizó por quincenas

Cuadro 6. Seguimiento y control de *Cecropia Peltata* L (guarumo).

T6 CPSS	T5 CPCS	Promedio	PRIMERA QUINCENA	SEGUNDA QUINCENA	TECERA QUINCENA	CUARTA QUINCENA	QUINTA QUINCENA	SEXTA QUINCENA	SEXTIMA QUINCENA	OCTAVA QUINCENA																											
			altura cm	Diámetro	número de hojas	Mortalidad	n° de hojas con clorosis	altura cm	diámetro	número de hojas	Mortalidad	n° de hojas con clorosis	altura cm	diámetro	número de hojas	Mortalidad	n° de hojas con clorosis	altura cm	diámetro	número de hojas	Mortalidad	n° de hojas con clorosis	altura cm	diámetro	número de hojas	Mortalidad	n° de hojas con clorosis										
			MORTALIDAD		MORTALIDAD		MORTALIDAD		MORTALIDAD		MORTALIDAD		MORTALIDAD		MORTALIDAD		MORTALIDAD		MORTALIDAD		MORTALIDAD		MORTALIDAD		MORTALIDAD												
			4,7	0,47	2	0	0	4,55	0,56	2	0	0	4,68	0,58	2	2	0	6,5	0,59	2	0	0	6,61	0,56	5	2	1	7,36	0,57	6	2	0	8,07	0,6	7	2	1

En el siguiente cuadro podemos observar que para las dos especies en la primera y segunda quincena existió mortalidad de las plantas; en la tercera semana se realizó la resiembra de las plantas para los dos tratamientos, el tratamiento 5 no completo con la evaluación y el seguimiento ya vivieron solamente tres quincenas y luego murieron; en cuanto al tratamiento 6 hay una diferencia en la altura de 3,37cm, en el diámetro de 0,27, existió la mortalidad de 2 plantas, con una hoja con clorosis; entre la tercera y octava quincena,

En el siguiente gráfico se presenta información sobre el seguimiento realizada a la especie *Cecropia Peltata* L provenientes de semilleros sin sustrato.



Gráfica 3. Seguimiento de *Cecropia Peltata* L provenientes de semilleros sin sustrato

6.2.2. Resultados de los análisis del suelo al finalizar el ensayo.

En el presente cuadro presenta los resultados de los análisis del suelo de cada tratamiento.

Cuadro 7. Resultados de los análisis del suelo al finalizar el ensayo.

Parámetros	Medicago Sariva L		Arachis Pintoi W.C		Cecropia Peltata L		Testigo	
	T1 (MSCS)	T2 (MSSS)	T3 (APCB)	T4 (APSB)	T5 (CPCB)	T6 (CPSB)	T7	
PH	6.3	6.3	6.6	6.6	6.1	6.4	6.3	
CE (dS/m)	0.15	0.19	0.08	0.08	0.18	0.17	0.09	
Textura	Arena	90	91	96	94	98	98	89
	Limo	5	7	3	2	1	1	6
	Arcilla	5	2	1	4	1	1	5
MO %	0.27	0.41	0.19	0.29	0.34	0.36	0.15	
Hg Suelo	167	240	132	254	312	249	198	

Fuente: Laboratorio Gruntec.

Mediante análisis de laboratorio realizado se comprobó que el suelo de los tratamientos 1, 2, 5, 6 tiene el pH que se clasifica dentro del rango de suelo ligeramente ácido y para los Tratamientos 3,4 se clasifica dentro del rango suelo neutro.

La conductividad eléctrica se clasifica dentro del rango suelo no salino, para todos los tratamientos, la textura se ubica dentro de la clasificación de textura arenosa con un porcentaje de 86-100%; la materia orgánica de todos los tratamientos de esta investigación se clasifica como muy bajo.

La concentración de mercurio del suelo del **tratamiento 1** es de 167mg/kg; del **tratamiento 2** es de 240 mg/kg; del **tratamiento 3** es de 132 mg/kg; del

tratamiento 4 es de 254 mg/kg; del tratamiento 5 es de 312 mg/kg; del tratamiento 6 es de 249 mg/kg y **el tratamiento 7(testigo)** tiene una contaminación de 198 mg/kg.

Desarrollo del método estadístico no paramétrico “Chi-cuadrado (X²)” para los parámetros establecidos:

El propósito del desarrollo de este método estadístico es calcular el valor del Chi-cuadrado y el valor crítico (v.c) para realizar la contratación de la hipótesis planteada en esta investigación.

6.2.3. Realizar una conjetura

El nivel de descontaminación del suelo contaminado por Hg, depende del potencial fitorremediador de las especies *Medicago Sativa* L (alfalfa), *Cecropia Peltata* L (guarumo), *Arachis Pintoi* W.C (mani forrajero).

6.2.4. Planteamiento de la hipótesis nula y la hipótesis alternativa

Hipótesis Nula (H₀).- La efectividad del tratamiento del suelo por el proceso de fitorremediación, difiere significativamente entre el uso de la especie vegetal *Medicago Sativa* L (alfalfa), *Cecropia Peltata* L (guarumo), *Arachis Pintoi* W.C (mani forrajero).

Hipótesis Alternativa (H₁).- La efectividad del tratamiento del suelo por el proceso de fitorremediación, no difiere significativamente entre el uso de la especie vegetal *Medicago Sativa* L (alfalfa), *Cecropia Peltata* L (guarumo), *Arachis Pintoi* W.C (mani forrajero).

6.2.5. Calcular el valor del Chi-cuadrado

Se obtuvo las tablas de contingencia de las frecuencias observadas. La siguiente tabla indican los resultados del análisis de los tratamientos del suelo contaminado por Hg con *Medicago Sativa* L (alfalfa), *Cecropia Peltata* L (guarumo), *Arachis Pintoi* W.C (mani forrajero).

Cuadro 8. Frecuencias observadas en los tratamientos.

Parámetros	Medicago Sativa L		Arachis Pintoi W.C		Cecropia Peltata L	
	MSCS	MSSS	APCS	APSS	CPCS	CPSS
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Mercurio	167	240	132	254	312	249
Ph	6,3	6,3	6,6	6,6	6,1	6,4
Conductividad eléctrica	0,15	0,19	0,08	0,08	0,18	0,17
Materia Orgánica	0,27	0,41	0,19	0,29	0,34	0,36

Con los datos del cuadro 12 correspondiente a las frecuencias observadas del resultado del análisis de los tratamientos del suelo contaminado por Hg, se procedió a realizar la suma de los resultados tanto de las filas como de las columnas para obtener el cuadro de las frecuencias esperada

Cuadro 9. Resultados de la suma de las frecuencias observadas

Parámetros	<i>Medicago Sativa L</i>		<i>Arachis Pintoi W.C</i>		<i>Cecropia Peltata L</i>		Total
	MSCN	MSSN	APCN	APSN	CPCN	CPSN	
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	
Mercurio	168,613	239,64	134,79	253,298	309,25	248,41	1354
Ph	4,76948	6,7786	3,8127	7,16493	8,7477	7,0266	38,3
Conductividad eléctrica	0,10585	0,1504	0,0846	0,15901	0,1941	0,1559	1392,3
Materia Orgánica	0,23163	0,3292	0,1852	0,34796	0,4248	0,3412	1,86
Total	173,72	246,9	138,87	260,97	318,62	255,93	1395,01

Con los datos del cuadro 13. Se utilizó la siguiente fórmula para determinar los valores de las frecuencias esperadas.

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

Donde:

Fe = Frecuencia esperada.

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

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

Σtotal = Sumatoria total de los valores de la tabla

Realizada la aplicación de esta fórmula con cada uno de los valores del cuadro se obtuvo las frecuencias esperadas de los resultados del análisis del suelo de cada tratamiento.

Cuadro 10.Contingencia con las frecuencias esperadas.

Parámetros	Medicago Sativa L		Arachis Pintoi W.C		Cecropia Peltata L	
	MSCN	MSSN	APCN	APSN	CPCN	CPSN
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Mercurio	0,0154	0,00054	0,0576	0,0019	0,0244	0,0014
Ph	0,4911	0,0338	2,0377	0,0445	0,8014	0,0559
Conductividad eléctrica	0,0184	0,0104	0,0003	0,0393	0,001	0,0013
Materia Orgánica	0,0064	0,01983	0,0001	0,0097	0,0169	0,001

Obtenido los datos correspondientes para las frecuencias observadas y esperadas, se procedió a realizar el cálculo del Chi-cuadrado (X^2) utilizando la siguiente formula:

$$X^2 = \sum (f_o - f_e)^2 / f_e$$

Donde:

X^2 = Chi cuadrado

f_o = Frecuencia del valor observado

f_e = Frecuencia del valor esperado

6.2.6. Calculando el Chi cuadrado (X^2) nos da como resultado.

$$X^2 = 3,6904$$

Determinamos el valor de “p” y el grado de libertad.

Se determinó el valor de “p”.

$$P = 1 - \text{Nivel de significancia (0,05)}$$

$$P = 1 - 0,05 \quad P = 0,95$$

Se determinó el grado de libertad (V)

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

$$V = (4 - 1) * (6 - 1)$$

$$V = (3) * (5)$$

$$V = 5$$

Obtener el valor crítico De acuerdo a la tabla para valores de Chi cuadrado (X2), el valor crítico (vc) es:

$$vc = 25$$

Realizar una comparación entre el Chi-cuadrado calculado (X2 calc.) y el valor crítico (vc).

x2 calculado		VC
3,690410973		25

6.2.7. Interpretar la comparación

Si el valor del Chi-cuadrado calculado es menor o igual que el Chi cuadrado crítico entonces se acepta la hipótesis nula, caso contrario no se la acepta. El Chi-cuadrado calculado: 3,690410973 es menor que el Chi-cuadrado crítico: 25 entonces se acepta la hipótesis nula (Ho): La efectividad del tratamiento del suelo por el proceso de fitorremediación, difiere significativamente entre el uso de la especie vegetal *Medicago Sativa* L (alfalfa), *Cecropia Peltata* L (guarumo), *Arachis Pintoi* W.C (maní forrajero). Y se rechaza la hipótesis alternativa (H1): La efectividad del tratamiento del suelo por el proceso de fitorremediación, no difiere significativamente entre el uso de la especie vegetal

Medicago Sativa L (alfalfa), *Cecropia Peltata* L (guarumo), *Arachis Pintoi* W.C (mani forrajero).

6.2.8. Costos para remediación de suelos contaminados con mercurio

Los resultados obtenidos mediante el uso de un modelo estadístico no paramétrico “Chi-cuadrado” demostraron que frente a los parámetros establecidos en esta investigación la especie vegetal que tiene mayor potencial fitorremediador es *Arachis Pintoi* W.C proveniente de semillero con sustrato, por lo que se propone que el tratamiento para disminuir el nivel de contaminantes de los tratamientos se realice con esta especie.

Cuadro 11. Costo de remediación de suelos con la especie *Arachis pintoii* W.C por ha

Especie de <i>Arachis pintoii</i> W.C L (mani forrajero)	Plantas provenientes del semillero con sustrato	Plantas provenientes del semillero sin sustrato
Actividades	Total	Total
Análisis de mercurio inicial del suelo	50,00	50,00
Análisis físico-químico inicial del suelo	45,00	45,00
Preparación del abono bocashi	80,00	00
Adquisición plantas de <i>Arachis pintoii</i> W.C	90,00	90,00
Siembra de las plantas	80,00	80,00
Construcción del ensayo de investigación	500,00	500,00
Seguimiento de las plantas por tres meses	120,00	120,00
Análisis de mercurio final del suelo	50,00	50,00
Análisis físico-químico inicial del suelo	45,00	45,00
Análisis de mercurio en las plantas	50,00	50,00
Costo total	1110,00	1030,00

Cuadro 12. Costo de remediación de suelos con la especie *Medicago sativa L* por ha.

Especie de <i>Medicago sativa L</i> (alfalfa)	Plantas provenientes del semillero con sustrato	Plantas provenientes del semillero sin sustrato
	Total	Total
Actividades		
Análisis de mercurio inicial del suelo	50,00	50,00
Análisis fisicoquímico inicial del suelo	45,00	45,00
Preparación del abono bocashi	80,00	00
Adquisición de semillas de <i>Medicago sativa</i> (alfalfa)	90,00	90,00
Siembra de las plantas	80,00	80,00
Construcción del ensayo de investigación	250,00	250,00
seguimiento de las plantas por tres meses	120,00	120,00
Análisis de mercurio final del suelo	50,00	50,00
Análisis físico-químico inicial del suelo	45,00	45,00
Análisis de mercurio en las plantas	50,00	50,00
Costo total	1110,00	1030,00

Cuadro 13. Costo de remediación de suelos con la especie *Cecropia peltata L* por ha.

Especie de <i>Cecropia peltata L</i> (guarumo)	Plantas provenientes del semillero con sustrato	Plantas provenientes del semillero sin sustrato
	Total	Total
Actividades		
Análisis de mercurio inicial del suelo	50,00	50,00
Análisis fisicoquímico inicial del suelo	45,00	45,00
Preparación del abono bocashi	80,00	00
Adquisición plantas de <i>Cecropia peltata L</i> (guarumo)	6,00	6,00,00
Siembra de las plantas	80,00	50,00
Construcción del ensayo de investigación	250,00	100,00
Seguimiento de las plantas por tres meses	120,00	90,00
Análisis de mercurio final del suelo	50,00	50,00
Análisis físico-químico inicial del suelo	45,00	45,00
Análisis de mercurio en las plantas	50,00	50,00
Costo total	1026,00	936,00

6.3. Resultados del Tercer Objetivo Específico:

Evaluar el grado de concentración de mercurio en la planta *Medicago Sativa* L (Alfalfa) y *Cecropia peltata* L (guarumo) y *Arachis Pintoi* W.C (maní forrajero).

6.3.1. Resultados de los análisis de mercurio de las plantas de cada repetición del ensayo.

En el siguiente cuadro presenta los resultados del grado de concentración de mercurio de las plantas de cada tratamiento

Cuadro 14. Resultado del análisis de mercurio en las especies vegetales.

Parámetro	<i>Medicago Sativa</i> L		<i>Arachis Pintoi</i> W.C		<i>Cecropia Peltata</i> L	
	T1 (MSCS)	T2 (MSSS)	T3 (APCS)	T4 (APSS)	T5 (CPCS)	T6 (CPSS)
Hg	Mortalidad	Mortalidad	75 mg/kg	77 mg/kg	Mortalidad	60 mg/kg

Fuente: Laboratorio Gruntec.

Mediante análisis de laboratorio realizado a las especies vegetales se comprobó que la concentración de mercurio para la especie de *Arachis Pintoi* W.C con sustrato es de 75mg/kg y sin sustrato es de 77 mg/kg; para la especie de *Cecropia Peltata*. L con sustrato existió mortalidad y sin sustrato es de 60 mg/kg; en cuanto a las especies de *Medicago Sativa*. L con y sin sustrato existió mortalidad de todas las plantas

7. DISCUSIÓN

7.1. Para los resultados del primer objetivo específico

Diagnosticar el nivel de contaminación actual del suelo por mercurio en las riveras del río Nambija, Barrio Puente Azul.

Se escogió el barrio Puente Azul ya que es lugar estratégico porque en las partes altas del río Nambija han realizado minería utilizando mercurio desmedidamente sin conciencia ambiental; al respecto el Observatorio de Conflictos Mineros de América Latina, (2011), evidencia cómo el río de la zona está totalmente contaminado: sus aguas han sido usadas para lavar oro, empleando para ello cianuro y mercurio; por lo cual se ha realizado la presente investigación conjuntamente con los propietarios mineros de las fincas para contribuir de alguna manera a remediar estos suelos que luego de haber realizado la minería son utilizados para agricultura y ganadería

Moradores del lugar afirman que en décadas de los 70 - 80 y 90 en las quebradas Cambana, Tambo Viejo, Campanillas, Nambija utilizaban aproximadamente entre 7 a 8 quintales de mercurio semanalmente por 500 frentes aproximadamente; esta contaminación ha sido arrastrada hasta las riveras del río Nambija contaminando indiscriminadamente estos suelos. Esto confirma el alto contenido de mercurio que presentan los resultados del suelo de la investigación de 174 mg/kg de Hg que sobrepasa extremadamente los límites permisibles establecidos por el (MAE, 2015) en el TULSMA que es de 0,1mg/kg

para criterios de calidad del suelo y 0,8 para criterios de remediación para uso de suelos agrícolas.

El mercurio pueden alcanzar niveles de concentración que provocan efectos negativos en las propiedades físicas, químicas y biológicas como: reducción del contenido de materia orgánica, disminución de nutrimentos, variación del pH generando suelos ácidos, amplias fluctuaciones en la temperatura, efectos adversos en el número, diversidad y actividad en los microorganismos de la rizósfera, dificultan el crecimiento de una cubierta vegetal protectora favoreciendo la aridez, erosión del suelo, y la dispersión de los contaminantes hacia zonas y acuíferos adyacentes y como consecuencia aumenta la vulnerabilidad de la planta al ataque por insectos, plagas y enfermedades, afectando su desarrollo (Zhang et al., 2000), lo cual confirma los análisis de laboratorio presentados en el cuadro 3 y 7 en cuanto a la reducción de la materia orgánica, la variación del pH.

Galán Huertos y Romero Baena, (2004), dice que “El aumento de la salinidad puede incrementar la movilización de metales y su retención por dos mecanismos. Primeramente los cationes asociados con las sales (Na, K) pueden reemplazar a metales pesados en lugares de adsorción. En segundo lugar los aniones cloruro pueden formar complejos solubles estables con metales pesados tales como Cd, Zn y Hg. Tienden a dar suelos de pH básicos Por otra parte, las sales normalmente dan pH alcalino”; en este caso el suelo es no salino por lo cual el mercurio esta inmóvil en el suelo.

Galán Huertos y Romero Baena, (2004), menciona que “Los suelos arcillosos retienen más metales por adsorción o en el complejo de cambio de los minerales de la arcilla. Por el contrario, los arenosos carecen de capacidad de fijación y puede contaminarse el nivel freático”. En este caso el suelo es arenoso lo cual no tienen la capacidad de retener el mercurio, notándose que el factor textura es determinante en la disposición del mercurio esto se debe a que se muestreo en las riveras del río Nambija la misma que tiene antecedentes de estar grandemente contaminado por mercurio resultante de la minería sin conciencia ambiental; Díaz, et al. (2000) menciona que los relaves constituyen el desecho mineral sólido proveniente del proceso de separación gravimétrica, así como también del proceso de cianuración que son producidos y depositados en forma de lodo, en la mayoría de los casos de forma anti- técnica cerca de las plantas de procesamiento o descargados directamente al cauce de los ríos; en consecuencia, el suelo, los ríos, arroyos y sedimentos quedan contaminados.

El área presenta un porcentaje de MO de 0,57%, este resultado se da debido al proceso de intervención minera; debido a la presencia y toxicidad por mercurio en el suelo. Según (Zhong (s.f) menciona que la presencia de metales pesados en el suelo provoca cambios adversos en las propiedades químicas del suelo; como MO.

7.2. Para los resultados del segundo objetivo específico.

Evaluar el potencial fitorremediador de *Medicago Sativa* L (Alfalfa) y *Cecropia peltata* L (guarumo) y *Arachis Pintoi* W.C (maní forrajero) para la

recuperación de suelos contaminados por mercurio en una área experimental en las riveras del río Nambija, barrio Puente Azul.

Mediante la presente investigación se determinó que entre los tratamientos el que obtuvo mejores resultados es ***Arachis Pintoi W.C (maní forrajero)*** proveniente del semillero con sustrato, esta se adaptó perfectamente a este tipo de suelo y presentó mejor desarrollo; ya que no necesita suelos fértiles tiene la característica de adaptarse a cualquier tipo de suelo. La Organización de las Naciones Unidas (FAO, s.f.) menciona que esta especie “Se adapta bien a diversos ambientes tropicales que van desde 0 hasta 1,300 m de altitud y precipitación desde 2,000 a 5,500 mm, bien distribuidas en el año o con sequías menores de cuatro meses. Crece mejor en suelos franco-arenosos y franco-arcillosos”.

Para el I tratamiento ***Medicago sativa L (alfalfa)*** provenientes del semillero con sustrato y sin sustrato no se obtuvieron resultados de adaptación y desarrollo de esta especie ya que las condiciones del suelo no son aptas para esta especie. Según la Corporación Colombiana de Investigación agropecuaria (s.f.) menciona que esta especie se desarrolla con “Todas las variedades requieren suelos fértiles y bien drenados”. “Esta planta para adaptarse necesita suelos fértiles que tengan la capacidad de suministrar los sustratos suficientes al cultivo, asegurando su crecimiento y su desarrollo (Brady, 1990; Havlin et al., 1999 p -127). Por tal motivo el suelo utilizado para la presente investigación no posee estos requerimientos por lo que es difícil el desarrollo de esta especie.

Para al tratamiento ***Cecropia Peltata* L (guarumo)** provenientes del semillero con sustrato no se adaptaron murieron antes de finalizar la investigación; no se obtuvieron resultados de adaptación y desarrollo de esta especie por lo cual no se pudo realizar el seguimiento de la misma, además esta planta es difícil adaptarla ya que es una especie arbórea la cual necesita estar en suelos más amplios e insitu Según Márquez y otros (2001) menciona que esta especie es un árbol típico de la región pionera, crece en los rastrojos, por lo que es ideal para proyectos de reforestación; en cuanto al tratamiento ***Cecropia Peltata* L (guarumo)** provenientes del semillero sin sustrato se desarrolló con gran dificultad adaptándose desde la tercera quincena de haberla trasplantado, con una mortalidad del 20% de las plantas; además que esta especie se ha podido evidenciar su crecimiento a unos 100 metros del área contaminada, pero fue muy difícil adaptarla en esta investigación.

En la investigación se puede evidenciar que los resultados del suelo que presenta mayor descontaminación es la del tratamiento de *Arachis pintoii* W.C provenientes del semillero con sustrato con 42mg/kg de Hg, basándose en el análisis inicial de 174mg/kg Hg podríamos decir que existe disminución de mercurio en el suelo de este tratamiento; pero en los otros tratamientos tiene un incremento de mercurio en el suelo en cuanto a este análisis; esto puede haber sucedido porque al momento de realizar el muestreo y al construir el ensayo no se pulverizó el suelo para rehomogenizarlo de tal manera que las partículas sólidas de mercurio se mesclen adecuadamente para luego enviar al laboratorio y repartir respectivamente el suelo contaminado por mercurio en los diferentes maceteros para realizar la investigación; posiblemente en unos tratamientos se ubicó el suelo

con más partículas de mercurio que en otros tratamientos. Según la Metodología para declarar un suelo contaminado: EL MUESTREO Y LA CONSERVACIÓN DE LAS MUESTRAS menciona que “La muestra debe rehomogenizarse después de cualquier operación de separación, tamizado, triturado o pulverizado, ya que puede producirse la segregación de las partículas de diferente tamaño. “Además en base al acuerdo administrativo entre la dirección superior de finanzas (OFD) en Hannover y el instituto federal de investigaciones y pruebas de materiales (BAM) del (1995); nos menciona que: “Cuando la distribución del contaminante en la muestra es muy inhomogénea y las exigencias a la representatividad de los resultados de las investigaciones son muy altas. Puede realizarse una preparación previa de las muestras, esto es de recordarse pero no es exigido”.

La Red Internacional de Eliminación de los Contaminantes Orgánicos Persistentes (IPEN, s.f) menciona que “después que el mercurio entra al aire, se mueve con el viento y eventualmente cae de regreso a la tierra. En el aire el mercurio puede viajar ya sea a una distancia corta como a una larga antes de caer nuevamente a la tierra; incluso puede circunvolar todo el globo. Una parte del mercurio que cae en el océano o sobre la tierra se revolatilizará, viajará de nuevo con el viento y caerá otra vez a la tierra en algún otro lugar. El mercurio que cae sobre la tierra y no se volatiliza, probablemente se unirá a materiales orgánicos. Una parte queda atrapada en la turba o en los suelos”. (p. 10); por lo cual se ha podido evidenciar que a uno o dos kilómetros a la redonda del lugar donde se implementó la investigación existen áreas mineras han realizado y siguen haciendo minería indiscriminadamente utilizando mercurio sin conciencia ambiental por lo cual al momento que el mercurio ha sido utilizado por estas mineras en los diferentes

procesos, el mercurio se volatiliza a la atmósfera luego posiblemente cayó en los suelos de esta investigación; además de volatizarse el mercurio de los diferentes tratamientos de esta investigación contaminándose los tratamientos de alado. Respecto a esto García y Dorronsoro, (2001) menciona que “los metales pesados incorporados al suelo pueden seguir cuatro diferentes vías. Quedan retenidos en el suelo, ya sea disueltos en la solución del suelo o bien fijados por procesos de adsorción, complejación o precipitación, son absorbidos por las plantas e incorporados a las cadenas tróficas, se volatilizan a la atmósfera, pueden contaminar a las aguas superficiales o subterráneas (p.15); en este caso el mercurio volatilizado se unió al suelo contaminado de esta investigación.

Por medio del diseño estadístico se ha podido comprobar que: La efectividad del tratamiento del suelo por el proceso de fitorremediación, difiere significativamente entre el uso de la especie vegetal *Medicago Sativa* L (alfalfa), *Cecropia Peltata* L (guarumo), *Arachis Pintoi* W.C (maní forrajero). Y se rechaza la hipótesis alternativa.

7.3. Para los resultados del tercer objetivo específico:

Evaluar el grado de concentración de mercurio en la planta *Medicago Sativa* L (Alfalfa) y *Cecropia peltata* L (guarumo) y *Arachis Pintoi* W.C (maní forrajero).

La especie vegetal que obtuvo mejores resultados en absorber el mercurio del suelo es el tratamiento ***Arachis Pintoi* W.C (maní forrajero)** provenientes del semillero sin sustrato con 77mg/kg seguida del tratamiento ***Arachis Pintoi* W.C (maní forrajero)** provenientes del semillero con sustrato con 75mg/kg y por último

el tratamiento **Cecropia Peltata L (guarumo)** provenientes del semillero sin sustrato **60mg/kg**, comparando estos datos con los Niveles máximos recomendables de metales pesados en alimentos animales; que presenta la **AAFCO** (Association of American Feed Control Officials); es de **10mg/kg** la cual esta categorizada como **altamente tóxico para Hg**, lo que quiere decir que estas plantas no son aptas para el consumo del ganado vacuno , sin embargo estos suelos luego de ser utilizados para minería son sembrados pastos y maní forrajero para alimentar el ganado. El Programa Nacional de Riesgos, (2007) menciona que “En la cadena trófica, los compuestos orgánicos de mercurio encuentran posibilidades de bioacumulación, bioconcentración y biomagnificación. El mercurio, en cualquiera de sus formas, es un importante contaminante ambiental, de efectos gravísimos sobre biota y medio físico, de distribución universal, gran persistencia y capaz de ingresar en la cadena trófica en donde ocurren fenómenos de bioconcentración y biomagnificación”.

8. CONCLUSIONES

- Los suelos del barrio Puente Azul están contaminados con 174mg/kg sobrepasando los límites máximos permisibles establecidos por el MAE, 2015 en el Acuerdo Ministerial 028
- La cantidad de mercurio acumulado en los suelos depende de factores físico-químicos como pH, materia orgánica, textura, conductividad eléctrica.
- De las tres especies evaluadas en la presente investigación la que presenta mejor desarrollo y adaptación es la *Arachis pintoii* W.C
- El tratamiento *Arachis pintoii* W.C provenientes del semillero con sustrato presenta mayor fitorremediación con 42mg/kg en comparación con los otros tratamientos.
- La efectividad del tratamiento del suelo por el proceso de fitorremediación, difiere significativamente entre el uso de la especie vegetal *Medicago Sativa* L (alfalfa), *Cecropia Peltata* L (guarumo), *Arachis Pintoii* W.C (maní forrajero).
- Mediante la presente investigación se ha comprobado que las plantas están altamente contaminadas comparando con los niveles máximos permisibles establecidos por la AAFCO menciona que 10 mg/kg es tóxico.

9. RECOMENDACIONES

Para las Instituciones Educativas.

- Se recomienda para futuras estudios de investigación seguir una metodología estricta, para evitar posibles alteraciones en los resultados.
- Realizar un inventario de plantas con capacidad fito remediadora que puedan ser empleada para remediar suelos contaminados con mercurio en zonas de explotación aurífera.
- Realizar este proyecto in situ, con el fin de analizar el comportamiento y la capacidad fitorremediadora en condiciones naturales.
- Realizar estudios de los animales, en su carne, leche, etc; y así descartar una posible contaminación ya que el mercurio podría ingresar a la cadena trófica por medio de la ingesta de los animales.

Para las instituciones Gubernamentales.

- Realizar un plan de remediación de estos suelos implementando la especie *Arachis pintoi* W.C.

Para los Proyectos Mineros.

- Se les recomienda utilizar la especie *Arachis pintoi* W.C para la remediación y recuperación de suelos alterados por la actividad minera.

10. BIBLIOGRAFÍA

Abdelrahman H. A. y Al-Ajmi H. (1994). Heavy metals in some water and wastewater irrigated soils of Oman. *Commun. Soil. Sci. Plant Anal.* 25 (5-6): 605-613.

Acuerdo administrativo entre la dirección superior de finanzas (OFD) en Hannover y el instituto federal de investigaciones y pruebas de materiales (BAM) del 05.09.1995. En su nueva versión de 17.05.2000, y con las actualizaciones de febrero de 2001.

Aguilera N. 1989 Tratado de Edafología de México, Tomo I, Facultad de Ciencias Universidad Nacional Autónoma de México.

AGRO-4037, 2. (2012). Fertilidad de Suelos y Abonos. Reacción del suelo. Suelos Salinos y Alcalinos

Añazco Dávila, R, F. (2013). Necesidad de establecer nuevos parámetros en la Ley de Minería, en relación a la minería artesanal de conformidad con lo que establece el artículo 11, numeral 2 de la Constitución de la República del Ecuador.- Proyecto de Reforma a la Ley Minera. Loja. Universidad Nacional de Loja.

Bárcenas, M. 2012. Determinación de los niveles de tolerancia a hidrocarburos y potencial de fitorremediación en cuatro especies vegetales nativas procedentes del sector Baeza-El Chaco, Ecuador. Tesis Ing. Biotec. De los Recursos Naturales. Quito, Universidad Politécnica Salesiana, Carrera de

15/10/2014

Becerril, J. M; O. Barrutia; J. Hernández-Allica; J. Garcí Plazaola; A.Hernández; C. Garbisu. 2002 Fitorremediación y biorremediación: Nuevas tecnologías biológicas para la eliminación de los contaminantes del suelo. Ciencia y Medio Ambiente, II Jornadas Científicas. CCMA-CSIC, 145-152.

Bonilla Valencia, S, R. (2013).Estudio para tratamiento de biorremediación de suelos contaminados con plomo, utilizando el método de fitorremediación. Tesis de Ingeniería Ambiental. Universidad Politécnica Salesiana sede Quito, Campus Sur.

Boekhold A. E. y Van der Zee S. E. (1992). Significance of soil chemical heterogeneity for spatial behavior of cadmium in field soils. Soil. Sci. Soc. Am. J. 56: 747-745.

Bontidean, I., et al. (2004). Biosensors for detection of mercury in contaminated soils. Environmental Pollution. 131: 255-262.

Bornemisza E., 1982. Introducción a la Química de Suelos, Universidad de Costa Rica, San José , Costa Rica, Secretaría General de la Organización de los Estados Unidos Americanos Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico, Monografía no. 25 p. 21-47.

Bose-O'Reilly S, Drasch G, Beinhoff C, Rodrigues-Filho S, Roider G, Lettmeier B, Maydl A, Maydl S, Siebert U. 2010. Health assessment of artisanal gold miners in Indonesia. *Sci Total Environ.* 408: 713-725.

Brooks R. R. (editor) (1998), "Plants that hyperaccumulate heavy metals", CAB International, Cambridge, USA

Buckman Harry and N.C. Brady, 1966. *The Nature and Properties of Soils.* The Macmillan company. 590 pp.

Brady, N.C. 1990. *The nature and properties of soils.* McMillan Publishing Company. New York, USA. 621 p.

Calvo Anta 1996. *Determinación de metales pesados en suelos de medina del campo.* Universidad de Valladolid España.

Carrasquero-Durán Armando y Adams M., 2003. Fraccionamiento de mercurio en suelos de áreas contaminadas de El Callao, estado Bolívar-Venezuela, *Agronomía Tropical*, Vol. 53, No. 3, pp 331-345.

Cavallini, A., et al. (2008) Mercury uptake, distribution and DNA affinity in durum wheat (*Triticum durum* Desf.) plants. *Science of The Total Environment.* 243: 119-127

Corwin, D.L., y S.M. Lesch. 2005. Characterizing soil spatial variability with apparent soil electrical conductivity I. Survey protocols. *Computers and Electronics in Agriculture*, 46:103- 133.

Csuros, M y C. Csuros. 2002. Environmental sampling and analysis for metals. Lewis Publisher. 372 pp.

Delgadillo, A. et al. 2011. Fitorremediación: Una alternativa para eliminar la contaminación. Hidalgo, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

Díaz Ximena, De la Torre Ernesto, Mantilla Pedro y Antonio Bermeo. (2000). Cianuración Industrial una Alternativa a la Almagación. PRODEMINCA, 1era ed. Quito.

Diez F. (2008). Fitocorrección de suelos contaminados con metales pesados: Evaluación de plantas tolerantes y optimización del proceso mediante prácticas agronómicas. Santiago de Compostela.

Fan T, Lane AN, Pedler J, Crowley D, y Higashi RM (1997) Comprehensive analysis of organic ligands in whole root exudates using nuclear magnetic resonance and gas chromatography- mass spectrometry. Analytical Biochemistry. 251:57–68

Fan, T., et al. (2001) Comprehensive chemical profiling of gramineous plant root exudates using high-resolution NMR and MS. Phytochemistry 57:209–221

Hugo A. Ferlini Micheli y Shirley del C. Díaz. Tomado de http://www.buscagro.com/biblioteca/HugoFerlini/SUELO_III.pdf.

Galán, E; Romero, A. 2008. Contaminación de suelos por metales pesados (en línea). Sevilla, ES. Consultado 23 oct. 2013. Disponible en: www.ehu.es/sem/macla_pdf/macla10/Macla10_48.pdf

Galán Huertos, E., & Romero Baena, A. (2008). Contaminación de Suelos por metales pesados

García, I; Dorronsor, C. 2001. Contaminación por metales pesados. Departamento de Edafología y Química Agrícola. Universidad de Granada, España. (Visitado el 5 de Abril de 2007). <<http://edafologia.ugr.es/conta/tema15/>>.

García E. G., Ferrera-Cerrato, Calva C. G., Fernández L. L.; Rodríguez V. R. y Esparza G. F. 2001. Presencia de Azotobacter en la rizósfera de plantas crecidas en suelos contaminados con hidrocarburos. IMEBE. CINVESTAV-IPN, México, D.F. 2. Walton, B.T. and Anderson, T.A. 1992. Plant-microbe treatment systems for toxic waste. Current Opinion in Biotechnology. 3:267-270.

Gobierno Autónomo Descentralizado de la Parroquia San Carlos de Las Minas, 2011 – 2012. Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Parroquial de San Carlos de las Minas, P 16-30

Ghosh, M., Singh, S. P. 2005. A review on phytoremediation of heavy metals and utilization of its by-products. Applied Ecology and Environmental Research. 3: 1- 18.

Grupo de Formación e Intervención para el Desarrollo Sostenible. Choropampa 2004. A cuatro años del derrame de mercurio. Testimonios de la actual situación de salud. Cajamarca: GufRIDES; 2004.

Guerrero, A. (1999). Cultivos herbáceos extensivos. España:GrupoMundi-Prensa.

- Hernández-Silva G., Solorio-Munguia J.G., Maples, M., Vasallo L., Flores L., HernándezSantiago D., Solís-Valdez S., Hernández-Anguiano M.E., Alcalá J.R. 2005. Monitoreo de contaminantes en las cuencas de los ríos Guanajuato, San Juan de Otates y Turbio y su impacto en el río Lerma, estado de Guanajuato, México. Universidad Nacional Autónoma de Querétaro, Instituto de Geología, Boletín 112. 110 pp
- Havlin, J.L. et al. 1999. Soil fertility and fertilizers: an introduction to nutrient management. Prentice Hall. New Jersey, USA. 499 p
- Iñiguez, M. 2010 Fertilidad fertilizantes y fertilización del suelo. Primera edición 2005. Loja- Ecuador. Pg. 320.
- INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria).2012. Metodología de muestreo de suelo y ensayos a campo: protocolos básicos comunes. Diego J, Santos, Marcelo G. Wilson y Mirian Ostinelli.
- Jagadeesan, G., y Kavitha, A. (2006). Recovery of phosphatase and transaminase activity of mercury intoxicated *Mus musculus* (Linn.) liver tissue by *Tribulus terrestris* (Linn.) (Zygophyllaceae) extract. *Tropical Biomedicine* 23: 45–51
- Jesús Hoyos F, (1983). Guía de árboles de Venezuela. Caracas: Sociedad de Ciencias Naturales La Salle, Monografía N° 32, p. 230
- Kuo S y Baker A. S. (1980). Sorption of copper, zinc and cadmium by some acid soils. *Soil. Sci. Soc. Am. J.* 44: 969-974.

Ledesma, J.L., L. Arroyo y J.L. Hernandez. 1994. Toxicología ambiental, análisis de la contaminación ambiental por derrames de hidrocarburos en el estado de Tabasco y su biorremediación por medio de tecnología de punta. Reporte no publicado. Instituto Tecnológico de Minatitlán. Minatitlán, Veracruz.

Ley Minera de la República del Ecuador. Quito. 2009. 32p.

Li, S., et al. 2007). Heavy metal concentrations in soils and plant accumulation in a restored manganese mineland in Guangxi, South China. *Environmental Pollution*. 147:168-175

Lombi, e., et al. (2001). Phytoremediation of Heavy Metal–Contaminated Soils: Natural Hyperaccumulation versus Chemically Enhanced Phytoextraction. *Journals Environmental Quality*. 30:1919–1926

Lominchar et al. 2010. Estudio del Comportamiento y Distribución del Mercurio Presente en Muestras de Suelo Recogidas en la Ribera del Río Valdeazogues. Informe técnico. Departamento del medio ambiente. Ciudad Universitaria, 28040-Madrid, España. 51p.

Lominchar, M.A, Sierra, M.J, Rodríguez, J, & Millán, R. (2010). Informes Técnicos Ciemat. Estudio del Comportamiento y Distribución del Mercurio Presente en Muestras de Suelo Recogidas en la Ribera del Río Valdeazogues. Ciemat.

- López, E 2014. Alternativas de disposición para la fitorremediación de suelos contaminados por actividad minera. Tesis Especialista en Gestión Integral de residuos sólidos y peligrosos. Caldas-Antioquia, Corporación Universitaria Lasallista, Facultad de Ingenierías. P 23 -31. 26/10/2014
- Malikova, I., et al. (2008). Mercury in soils and plants in the area of Lake Bol'shoe Yarovoe. (49) 46–51
- Marques, I., Micheletto, F. (2001). Germination of seeds of tropical pioneer species under controlled and natural conditions. Revista Brasil botánica. 24: 79-84.
- Mason, B. 1992. Preparation of soil sampling protocols: sampling techniques and strategies. US EPA, EPA/600/R-92/128. 169 pp.
- Mentaberry, A. 2011. Fitorremediación. Ing. Agrobiotecnología. Universidad de Buenos Aires. Departamento de Fisiología, Biología Molecular y Celular. 13-14 p.
- Miliarium Aureum 2004. Indicadores de la calidad del suelo. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2015 Acuerdo Ministerial N° 028, Libro VI de la Calidad Ambiental. Quito Ecuador
- Moreno, F., et al. (2005). Mercury volatilisation and phytoextraction from basemetal mine tailings. Environmental Pollution. 136: 341-352.

Moreno, F., et al. (2008). Phytofiltration of mercury-contaminated water: Volatilisation and plant-accumulation aspects. *Environmental and experimental Botany*. 62 78–85

Metodología para declarar un suelo contaminado: EL MUESTREO Y LA CONSERVACIÓN DE LAS MUESTRAS

Observatorio de Conflictos Mineros de America Latina . (2011). Noticias sobre conflictos mineros. Ecuador

Olivero, J., Jhonson B. 2002. El lado gris de la minería del oro: La contaminación con mercurio en el norte de Colombia. Editorial universitaria. Colombia pp 40-41

Organización Mundial de la Salud. 2013. Prevención de enfermedades mediante la creación de ambientes saludables: Efectos de la exposición al mercurio en la salud de las personas que viven en comunidades donde se practica la minería aurífera artesanal y en pequeña escala. 8p.

Organización de las Naciones Unidas. (s.f.). MANI FORRAJERO (*Arachis pintoi* Frapovickas y Gregory) una alternativa para el sostenimiento de la ganadería en Panamá. - See more at: <http://teca.fao.org/es/read/4623#sthash.H5ipvc2D.dpuf>. Panamá.

Políticas Ambientales de la República del Ecuador. Norma de Calidad Ambiental del Recurso Suelo y Criterios de Remediación para Suelos Contaminados. Libro VI ANEXO 2. 30p.

Polprasert C. (1996), Organic waste recycling, technology and management, 2a edición, Wiley. Ontario, Canadá, 412 pp.

Porta-Casanellas, J., López-Acevedo M., Roquero De Laburu C., 2003. Edafología para la agricultura y el medio ambiente, Tercera edición; Impreso en España, Ediciones Mundi-prensa, pp.929.

Prabha, K., Loretta, L. (2007). Phytoremediation Technology: Hyper-accumulation Metals in Plants. Water air soil pollution. 76: 450–459.

Quevedo, N. et al. 2005. Fitorremediación: Una alternativa ecológica para recuperar zonas contaminadas con metales pesados. Universidad Agraria de la Habana. Facultad de Agronomía.

Programa Nacional de Riesgos. (2007). Proyectos BANHG. Información sobre el mercurio.

Raskin I. y B. D. Ensley (editores) (2000), Phytoremediation of toxic metals: using plants to clean up the environment, Wiley y Sons.

Raskin, I., y Smith, D. (1997): Phytoremediation of metals: Using plants to remove pollutants from the environment. Current Opinion journals. 8: 221-226

Restrepo Rivera, Jairo El ABC de la agricultura orgánica y harina de rocas / Jairo Restrepo Rivera. 1a ed. -- Managua : SIMAS, 2007 262 p

Restrepo, B., y Verbel, J. 2002. La contaminación con mercurio en el norte de Colombia. Jorge, E., y Matson, E. Universidad de Cartagena. 123 p.

- Restrepo, J. 1996. Abonos orgánicos fermentados. Experiencias de agricultores de Centroamérica y Brasil. OIT, PSST-AcyP; CEDECE.51
- Reye, N. Duarte, F. 2008. Evaluación de la capacidad bioacumuladora de mercurio de siete especies vegetales. Tesis Ing. Químico. Bucaramanga, Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ciencias. 50 p.
- Richard, B., et al.. (2005). Strategies for the engineered phytoremediation of toxic element pollution: mercury and arsenic. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*. 32: 502–513
- Rincón C., A.; Cuesta M., P. A.; Pérez S., R.; Lascano, C. E. y Ferguson, J. 1992. ManíForrajero Perenne (*Arachis pinto*; Krapovickas y Gregory): Una alternativa para ganaderos y agricultores. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). Centro Internacional de Agricultura Tropical (CrAT). Boletín técnico ICA No. 219. 23 p.
- Saeki K, Okazaki M y Kubota M. (1993). Heavy metals in a semi-enclosed hypereutropic system: Lake Teganuma, Japan. *Water, Air and Soil Pollution*. 69:79-91.
- Serrano, M. 2006. Fitorremediación: Una alternativa para la recuperación de suelos contaminados por hidrocarburos. Monografía Esp. Química Ambiental. Bucaramanga, Universidad Industrial de Santander. 30-32 p.
- Stahl R. S. y James B. R. (1991). Zinc sorption by B horizon soils a function of pH. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 55:1529-1597

- Susarla, et al. (2002). Phytoremediation: An ecological solution to organic chemical contamination. *Ecological Engineering* 18: 647–658.
- Valencia, I. E. y B. A. Hernández. 2002. Muestreo de suelos, preparación de muestras y guía de campo. UNAM. 131 pp.
- Vidal, J. 2009. Capacidad del guarumo (*Cecropia peltata*) como planta fitorremediadora de suelos contaminados con mercurio. Tesis Mg. Ciencias Amb. Cartagena Sistema de Universidades Estatales del Caribe Colombiano Sue- Caribe, Línea de Medio Ambiente, Salud y Cultura. 80 p.
- Volke -Sepúlveda, T., Velasco-Trejo, J.A., de la Rosa Pérez, D.A., 2005. Suelos Contaminados por metales y metaloides: muestreo y alternativas para su remediación, Secretaria de Medio ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, Impreso en México. Pp 19-31.
- Volke, T. et al. 2005. Suelos Contaminados por metales y metaloides: Muestreo y Alternativas para su remediación. Raúl Marcó del Pont Lalli. México, 66 p.
- Zhang, Q, Davis, L. C., y Erick, L. E. 2000. Heavy Metal. In: Hazardous Substance.

11. ANEXOS

FICHA TÉCNICA PARA ANÁLISIS DE MERCURIO EN EL SUELO			
Provincia: Zamora Ch	Cantón: Zamora	Parroquia: San Carlos de las Minas.	Sector: Puente Azul
Fecha y hora de construcción del punto de muestreo:	Inicial: 8:00	Final: 8:10	
Fecha y hora del muestreo	Inicial: 8:10	Final: 8:15	
Código de la muestra: M1			
Nombre del ejecutante del muestreo: Ingrid León			
Profundidad: 10 cm	Peso de muestra (kg): 1 kg		
Coordenadas geográficas (UTM): 0741230- 9558223			
Institución: Universidad Nacional de Loja			
Diámetro de perforación: 30 cm			
Tipo de perforador: Barreta y pala			
Tipo de envase: Funda Ziploc			
Clima: Día lluvioso			
Análisis a efectuar: Mercurio, Ph, CE, MO, textura			
Responsable del muestreo: Ingrid león			
Observaciones: El día estaba lluvioso, esta muestra se la recolecto a 3 metros del rio Nambi1a.		Fotografía	

FICHA TÉCNICA PARA ANÁLISIS DE MERCURIO EN EL SUELO			
Provincia: Zamora Ch	Cantón: Zamora	Parroquia: San Carlos de las Minas.	Sector: Puente Azul
Fecha y hora de construcción del punto de muestreo:	Inicial: 8:15	Final: 8:20	
Fecha y hora del muestreo	Inicial: 8:20	Final: 8:25	
Código de la muestra: M2			
Nombre del ejecutante del muestreo: Ingrid León			
Profundidad: 10 cm	Peso de muestra (kg): 1 kg		
Coordenadas geográficas (UTM): 0741227- 9558230			
Institución: Universidad Nacional de Loja			
Diámetro de perforación: 30 cm			
Tipo de perforador: Barreta y pala			
Tipo de envase: Funda Ziploc			
Clima: Día lluvioso			
Análisis a efectuar: Mercurio, Ph, CE, MO, textura			
Responsable del muestreo: Ingrid león			
Observaciones: El día estaba lluvioso, esta muestra se la recolecto a 6 metros del rio Nambija.		Fotografía	

FICHA TÉCNICA PARA ANÁLISIS DE MERCURIO EN EL SUELO			
Arachis Pinto L con sustrato			
Provincia: Zamora Ch	Cantón: Zamora	Parroquia: Cumbaratza.	Sector: Chamico
Fecha y hora de construcción del punto de muestreo:	Inicial: 18/08/2015 12:40	Final: 18/08/2015 12:45	
Fecha y hora del muestreo	Inicial: 12:45	Final: 12:50	
Código de la muestra: M1APCN			
Nombre del ejecutante del muestreo: Ingrid León			
Profundidad: 10 cm	Peso de muestra (kg): 1 kg		
Coordenadas geográficas (UTM):			
Institución: Universidad Nacional de Loja			
Diámetro de perforación:			
Tipo de perforador: pala pequeña			
Tipo de envase: Funda Ziploc			
Clima: Día soleado			
Análisis a efectuar: Mercurio, Ph, CE, MO, textura			
Responsable del muestreo: Ingrid león			
Observaciones: La muestra se tomó a una profundidad de 10 cm se mezcló la muestra de cada macetero y se envió al laboratorio		Fotografía	

FICHA TÉCNICA PARA ANÁLISIS DE MERCURIO EN EL SUELO			
Arcachis Pintoí L sin sustrato			
Provincia: Zamora Ch	Cantón: Zamora	Parroquia: Cumbaratza.	Sector: Chamico
Fecha y hora de construcción del punto de muestreo:	Inicial: 18/08/2015 12:50	Final: 18/08/2015 12:55	
Fecha y hora del muestreo	Inicial: 12:55	Final: 13:00	
Código de la muestra: M1APSN			
Nombre del ejecutante del muestreo: Ingrid León			
Profundidad:	10 cm	Peso de muestra (kg): 1 kg	
Coordenadas geográficas (UTM):			
Institución: Universidad Nacional de Loja			
Diámetro de perforación:			
Tipo de perforador: pala pequeña			
Tipo de envase: Funda Ziploc			
Clima: Día soleado			
Análisis a efectuar: Mercurio, Ph, CE, MO, textura			
Responsable del muestreo: Ingrid león			
Observaciones: La muestra se tomó a una profundidad de 10 cm se mezcló la muestra de cada macetero y se envió al laboratorio			

FICHA TÉCNICA PARA ANÁLISIS DE MERCURIO EN EL SUELO			
Medicago Sativa L con sustrato			
Provincia: Zamora Ch	Cantón: Zamora	Parroquia: Cumbaratza.	Sector: Chamico
Fecha y hora de construcción del punto de muestreo:	Inicial: 18/08/2015 12:10	Final: 18/08/2015 12:15	
Fecha y hora del muestreo	Inicial: 12:15	Final: 12:20	
Código de la muestra: M3MSCN			
Nombre del ejecutante del muestreo: Ingrid León			
Profundidad:	10 cm	Peso de muestra (kg): 1 kg	
Coordenadas geográficas (UTM):			
Institución: Universidad Nacional de Loja			
Diámetro de perforación:			
Tipo de perforador: pala pequeña			
Tipo de envase: Funda Ziploc			
Clima: Día soleado			
Análisis a efectuar: Mercurio, Ph, CE, MO, textura			
Responsable del muestreo: Ingrid león			
Observaciones: La muestra se tomó a una profundidad de 10 cm se mezcló la muestra de cada macetero y se envió al laboratorio		Fotografía	

FICHA TÉCNICA PARA ANÁLISIS DE MERCURIO EN EL SUELO			
Medicago Sativa L sin sustrato			
Provincia: Zamora Ch	Cantón: Zamora	Parroquia: Cumbaratza.	Sector: Chamico
Fecha y hora de construcción del punto de muestreo:	Inicial: 18/08/2015 12:20	Final: 18/08/2015 12:25	
Fecha y hora del muestreo	Inicial: 12:25	Final: 12:30	
Código de la muestra: M4MSSN			
Nombre del ejecutante del muestreo: Ingrid León			
Profundidad: 10 cm	Peso de muestra (kg): 1 kg		
Coordenadas geográficas (UTM):			
Institución: Universidad Nacional de Loja			
Diámetro de perforación:			
Tipo de perforador: pala pequeña			
Tipo de envase: Funda Ziploc			
Clima: Día soleado			
Análisis a efectuar: Mercurio, Ph, CE, MO, textura			
Responsable del muestreo: Ingrid león			
Observaciones: La muestra se tomó a una profundidad de 10 cm se mezcló la muestra de cada macetero y se envió al laboratorio		Fotografía	

FICHA TÉCNICA PARA ANÁLISIS DE MERCURIO EN EL SUELO			
TESTIGO			
Provincia: Zamora Ch	Cantón: Zamora	Parroquia: Cumbaratza.	Sector: Chamico
Fecha y hora de construcción del punto de muestreo:	Inicial: 18/08/2015 12:300	Final: 18/08/2015 12:35	
Fecha y hora del muestreo	Inicial: 12:35	Final: 12:40	
Código de la muestra: M5T			
Nombre del ejecutante del muestreo: Ingrid León			
Profundidad: 10 cm	Peso de muestra (kg): 1 kg		
Coordenadas geográficas (UTM):			
Institución: Universidad Nacional de Loja			
Diámetro de perforación:			
Tipo de perforador: pala pequeña			
Tipo de envase: Funda Ziploc			
Clima: Día soleado			
Análisis a efectuar: Mercurio, Ph, CE, MO, textura			
Responsable del muestreo: Ingrid león			
Observaciones: La muestra se tomó a una profundidad de 10 cm se mezcló la muestra de cada macetero y se envió al laboratorio		Fotografía	

FICHA TÉCNICA PARA ANÁLISIS DE MERCURIO EN EL SUELO			
Cecropia Peltata L sin sustrato			
Provincia: Zamora Ch	Cantón: Zamora	Parroquia: Cumbaratza.	Sector: Chamico
Fecha y hora de construcción del punto de muestreo:	Inicial: 07/09/2015 07:30	Final: 07/09/2015 07:35	
Fecha y hora del muestreo	Inicial: 07:35	Final: 07:40	
Código de la muestra: M7CPSN			
Nombre del ejecutante del muestreo: Ingrid León			
Profundidad: 10 cm	Peso de muestra (kg): 1 kg		
Coordenadas geográficas (UTM):			
Institución: Universidad Nacional de Loja			
Diámetro de perforación:			
Tipo de perforador: pala pequeña			
Tipo de envase: Funda Ziploc			
Clima: Día soleado			
Análisis a efectuar: Mercurio, Ph, CE, MO, textura			
Responsable del muestreo: Ingrid león			
Observaciones: La muestra se tomó a una profundidad de 10 cm se mezcló la muestra de cada macetero y se envió al laboratorio		Fotografía	

FICHA TÉCNICA PARA ANÁLISIS DE MERCURIO EN EL SUELO			
Cecropia Peltata L con sustrato			
Provincia: Zamora Ch	Cantón: Zamora	Parroquia: Cumbaratza.	Sector: Chamico
Fecha y hora de construcción del punto de muestreo:	Inicial: 07/09/2015 07:40	Final: 07/09/2015 07:45	
Fecha y hora del muestreo	Inicial: 07:45	Final: 07:50	
Código de la muestra: M7CPCN			
Nombre del ejecutante del muestreo: Ingrid León			
Profundidad: 10 cm	Peso de muestra (kg): 1 kg		
Coordenadas geográficas (UTM):			
Institución: Universidad Nacional de Loja			
Diámetro de perforación:			
Tipo de perforador: pala pequeña			
Tipo de envase: Funda Ziploc			
Clima: Día soleado			
Análisis a efectuar: Mercurio, Ph, CE, MO, textura			
Responsable del muestreo: Ingrid león			
Observaciones: La muestra se tomó a una profundidad de 10 cm se mezcló la muestra de cada macetero y se envió al laboratorio		Fotografía	

FICHA TÉCNICA PARA ANÁLISIS DE MERCURIO EN LOS VEGETALES			
Cecropia Peltata L sin sustrato			
Provincia: Zamora Ch	Cantón: Zamora	Parroquia: Cumbaratza	Sector: Chamico
Fecha y hora de construcción del punto de muestreo:	Inicial: 07/09/15 7:20	Final: 07/09/15 7:25	
Fecha y hora del muestreo	Inicial: 7:25	Final: 7:30	
Código de la muestra: M6CPSN			
Nombre de la especie vegetal a muestrear: Cecroia pEltata L			
Nombre del ejecutante del muestreo: Ingrid León			
Profundidad:		Peso de muestra (kg): 100 g	
Coordenadas geográficas (UTM):			
Institución: Universidad Nacional de Loja			
Diámetro de perforación:			
Tipo de perforador: pala pequeña			
Tipo de envase: Funda Ziploc			
Clima: soleado			
Análisis a efectuar: Mercurio			
Responsable del muestreo:			
Observaciones: Se recogió 8 plantas para enviar al laboratorio el resto murieron		Fotografía	

FICHA TÉCNICA PARA ANÁLISIS DE MERCURIO EN LOS VEGETALES			
Arachis Pintoi W.C con sustrato			
Provincia: Zamora Ch	Cantón: Zamora	Parroquia: Cumbaratza	Sector: Chamico
Fecha y hora de construcción del punto de muestreo:	Inicial: 18/08/15 11:30	Final: 18/08/15 11:35	
Fecha y hora del muestreo	Inicial: 11:35	Final: 11:40	
Código de la muestra: M1APCN			
Nombre de la especie vegetal a muestrear: Arachis Pintoi W.C			
Nombre del ejecutante del muestreo: Ingrid León			
Profundidad:		Peso de muestra (kg): 100 g	
Coordenadas geográficas (UTM):			
Institución: Universidad Nacional de Loja			
Diámetro de perforación:			
Tipo de perforador: pala pequeña			
Tipo de envase: Funda Ziploc			
Clima: soleado			
Análisis a efectuar: Mercurio			
Responsable del muestreo:			
Observaciones: Se recogió 10 plantas para enviar al laboratorio el resto murieron		Fotografía	

FICHA TÉCNICA PARA ANÁLISIS DE MERCURIO EN LOS VEGETALES			
Arachis Pintoi W.C sin sustrato			
Provincia: Zamora Ch	Cantón: Zamora	Parroquia: Cumbaratza	Sector: Chamico
Fecha y hora de construcción del punto de muestreo:	Inicial: 18/08/15 11:40	Final: 18/08/15 11:45	
Fecha y hora del muestreo	Inicial: 11:45	Final: 11:50	
Código de la muestra: M1APSN			
Nombre de la especie vegetal a muestrear: Arachis Pintoi W.C			
Nombre del ejecutante del muestreo: Ingrid León			
Profundidad:		Peso de muestra (kg): 100 g	
Coordenadas geográficas (UTM):			
Institución: Universidad Nacional de Loja			
Diámetro de perforación:			
Tipo de perforador: pala pequeña			
Tipo de envase: Funda Ziploc			
Clima: soleado			
Análisis a efectuar: Mercurio			
Responsable del muestreo:			
Observaciones: Se recogió 10 plantas para enviar al laboratorio el resto murieron		Fotografía	

ETIQUETA PARA MUESTRA DE SUELOS.	
Código de la muestra:	
Hora:	Fecha del muestreo:
Localidad:	
Coordenadas.	
Cantidad:	
Responsable:	
Análisis a efectuar:	
Observaciones:	

ETIQUETA PARA MUESTRA VEGETAL	
Código de la muestra:	
Hora:	Fecha del muestreo:
Localidad:	
Coordenadas.	
Cantidad:	
Responsable:	
Nombre de la especie vegetal:	
Análisis a efectuar:	
Observaciones:	



ESTACION EXPERIMENTAL DEL AUSTRO
LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS
 km 12 1/2 via El Descanso - BULLCAY - Gualaceo www@iniap.gob.ec
 Azuay - Ecuador TeleFax: (07) 2171161



INFORME DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO				DATOS DE LA PROPIEDAD				DATOS DE LA MUESTRA			
Nombre :	Ingrid León			Nombre :				Fecha Muestreo :	14/09/2015		
Dirección :				Provincia :	ZAMORA CHINCHIPE			Fecha Ingreso :	16/09/2015		
Ciudad :	ZAMORA			Parroquia :	ZAMORA			Fecha Emisión :	25/09/2015		
Teléfono :	N/E			Ubicación :	Charico			Cultivo Actual :	N/E		
Técnico :	Correo-e : N/E			Latitud :				Longitud:			

Nº Laborat.	Identificación del Lote	pH	ppm		meq/100mL			ppm				meq/100ml	Ca/Mg	Mg/K	(Ca+Mg)/K	
			N	P	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn	Σ Bases				
3158	muestra 1/M6CPSN	6.4 LAc														
3159	muestra 2/M7CPCN	6.1 LAc														



Interpretación			
N, P, K, Ca, Mg, S			
Zn, Cu, Fe, Mn, B, Cl			
B = Bajo	MAC = Muy Acido	N = Neutro	
M = Medio	Ac = Acido	LAI = Lig. Alcalino	
A = Alto	MeAc = Med. Acido	MeAl = Med. Alcalino	
	LAc = Lig. Acido	Al = Alcalino	
	PN = Prac. Neutro	RC = Requiere Cal	

Determinación	Metodología	Extractante
N, P	Colorimetría	Olsen
K, Ca, Mg	Absorción	Modificado
Zn, Cu, Fe, Mn	Atómica	pH 8.5
pH	Potenciometría	Suelo: agua (1:2.5)
S	Turbidimetría	Fosfato de Ca
B	Colorimetría	Monobásico

Niveles Medios de Referencia							
N	30 - 60	Mg	0.3 - 1	Fe	20 - 40		
P	10 - 20	S	12 - 24	Mn	5 - 15		
K	0.2 - 0.4	Zn	3.0 - 7.0	B	1.0 - 2.0		
Ca	1 - 3	Cu	1.0 - 4.0	Cl	-		

Responsable Laboratorio

N/E : No entrega.

Se prohíbe la reproducción total o parcial de este documento, los datos deberán ser apropiadamente citados.

Laboratorista

Fecha de Impresión: 23/09/2015

Página 1 de 2



ESTACION EXPERIMENTAL DEL AUSTR0
LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS
 km 12 1/2 via El Descanso - BULLCAY - Gualaceo www@iniap.gob.ec
 Azuay - Ecuador TeleFax: (07) 2171161



INFORME DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO				DATOS DE LA PROPIEDAD				DATOS DE LA MUESTRA			
Nombre :	Ingrid León			Nombre :				Fecha Muestreo :	14/09/2015		
Dirección :				Provincia :	ZAMORA CHINCHIPE			Fecha Ingreso :	16/09/2015		
Ciudad :	ZAMORA			Parroquia :	ZAMORA			Fecha Emisión :	25/09/2015		
Teléfono :	N/E			Ubicación :	Charico			Cultivo Actual :	N/E		
Técnico :	Correo-e : N/E			Latitud :				Longitud:			

Nº Laborat.	Identificación	Textura (%)			Clase Textural	cm ³ /cm ³				cm/h		gr/cm ³		meq/100mL			dS/m	%	(%)	(%)
		Arena	Limo	Arcilla		C.C.	Sat.	P.M.	A.D.	C.H.	D.A.	Al+H	Al	Na	C.E.	M.O.				
3158	muestra 1/M6CPSN	98	1	1	Arena	0.09	0.26	0.03	0.06	22.54	1.89					0.17	NS	0.34	B	
3159	muestra 2/M7CPCN	98	1	1	Arena	0.09	0.26	0.03	0.06	22.54	1.89					0.18	NS	0.36	B	



Interpretación		
Al+H, Al, Na	C.E.	M.O.
Ad = Adecuado	NS = No Salino	B = Bajo
LT = Ligerosm. Tóxico	LS = Lig. Salino	M = Medio
T = Tóxico	S = Salino	A = Alto
	MS = Muy Salino	

Abreviaturas	
C.C.	Capacidad de Campo
Sat.	Saturación
P.M.	Punto de Marchitez
A.D.	Agua Disponible
C.H.	Conductividad Hidráulica

Abreviaturas	
C.E.	Conductividad Eléctrica
M.O.	Materia Orgánica
D.A.	Densidad Aparente
NT	Nitrógeno Total
C/N	Relación Carbono: Nitrógeno
M.S.	Materia Seca
H.	Humedad

Determinación	Metodología	Extractante
M.O.	Análisis elemental (10C)	No Aplica
Na	Extracto de pasta saturada	Agua
C.E.	Extracto de pasta saturada	Agua
NT	Semimicro Kjendahl	No Aplica

Niveles de Referencia		
Lig. Tóxico	Lig. Salino	
Al + H	0.50 - 1.00	C.E. 2.00 - 3.00
Al	0.50 - 1.00	Medio
Na	1.00 - 2.00	M.O. 2.00 - 5.00

N/E: No Entrega

Se prohíbe la reproducción total o parcial de este documento, los datos deberán ser apropiadamente citados.


 Responsable Laboratorio


 Laboratorio

Fecha de Impresión: 23/09/2015

Página 2 de 2



ESTACION EXPERIMENTAL DEL AUSTRO
LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS
 km 12 1/2 via El Descanso - BULLCAY - Gualaquiza www@iniap.gob.ec
 Azuay - Ecuador TeleFax: (07) 2171161



INFORME DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO		DATOS DE LA PROPIEDAD		DATOS DE LA MUESTRA	
Nombre :	Ingrid León	Nombre :		Fecha Muestreo :	25/08/2015
Dirección :		Provincia :	ZAMORA CHINCHIPE	Fecha Ingreso :	25/08/2015
Ciudad :	ZAMORA	Parroquia :	ZAMORA	Fecha Emisión :	25/08/2015
Teléfono :	N/E	Ubicación :	Charico	Cultivo Actual :	N/E
Técnico :		Latitud :			
	Correo-e : N/E		Longitud :		

Nº Laborat.	Identificación del Lote	pH	ppm		meq/100mL			ppm				meq/100mL		Ca/Mg	Mg/K	(Ca+Mg)/K
			N	P	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn	Σ Bases				
3080	M1. APCN	6.6 PN														
3081	M2. APSN	6.6 PN														
3082	M3. MSCN	6.3 LAc														
3083	M4. MSSN	6.3 LAc														
3084	M5. TS	6.3 LAc														

INIAP
 ESTACION EXPERIMENTAL CHUQUIPATA
 Laboratorio de Suelos y Aguas

Interpretación		
N, P, K, Ca, Mg, S	pH	
Zn, Cu, Fe, Mn, B, Cl		
B = Bajo	MAc = Muy Acido	N = Neutro
M = Medio	Ac = Acido	LAI = Lig. Alcalino
A = Alto	MeAc = Med. Acido	MeAl = Med. Alcalino
	LAc = Lig. Acido	Al = Alcalino
	PN = Pta. Neutro	RC = Requiere Cal

Determinación	Metodología	Extractante
N, P	Colorimetría	Olsen
K, Ca, Mg	Absorción	Modificado
Zn, Cu, Fe, Mn	Atómica	pH 8.5
pH	Potenciométrica	Suelo: agua (1:2.5)
S	Turbidimetría	Fosfato de Ca
B	Colorimetría	Monobásico

Niveles Medios de Referencia			
N	30 - 60	Mg	0.3 - 1
P	10 - 20	S	12 - 24
K	0.2 - 0.4	Zn	3.0 - 7.0
Ca	1 - 3	Cu	1.0 - 4.0
		Fe	20 - 40
		Mn	5 - 15
		B	1.0 - 2.0
		Cl	-

[Firma]
 Responsable Laboratorio

 Laboratorio

N/E : No entrega.

Se prohíbe la reproducción total o parcial de este documento, los datos deberán ser apropiadamente citados.

Fecha de Impresión: 28/08/2015

Página 1 de 2



ESTACION EXPERIMENTAL DEL AUSTRO
LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS
 km 12 1/2 via El Descanso - BULLCAY - Gualaceo www@iniap.gob.ec
 Azuay - Ecuador TeleFax: (07) 2171161



INFORME DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO				DATOS DE LA PROPIEDAD				DATOS DE LA MUESTRA			
Nombre :	Ingrid León			Nombre :				Fecha Muestreo :	25/08/2015		
Dirección :				Provincia :	ZAMORA CHINCHIPE			Fecha Ingreso :	25/08/2015		
Ciudad :	ZAMORA			Parroquia :	ZAMORA			Fecha Emisión :	25/08/2015		
Teléfono :	N/E			Ubicación :	Charico			Cultivo Actual :	N/E		
Técnico :				Latitud :	Longitud.						

Nº Laborat.	Identificación	Textura (%)			Clase Textural	cm ³ /cm ³				cm/h gr/cm ³		meq/100mL			dS/m	%	(%)	(%)
		Arena	Limo	Arcilla		C.C.	Sat.	P.M.	A.D.	C.H.	D.A.	Al+H	Al	Na	C.E.	M.O.	M.S.	H.
3080	M1. APCN	96	3	1	Arena	0.09	0.26	0.03	0.06	10.80	1.89				0.08 NS	0.19 B		
3081	M2. APSN	94	2	4	Arena	0.12	0.34	0.05	0.07	10.56	1.69				0.08 NS	0.29 B		
3082	M3. MSCN	90	5	5	Arena	0.13	0.36	0.06	0.07	7.91	1.65				0.15 NS	0.27 B		
3083	M4. MSSN	91	7	2	Arena	0.11	0.30	0.04	0.07	13.56	1.78				0.19 NS	0.41 B		
3084	M5. TS	89	6	5	Arena	0.13	0.36	0.06	0.08	7.78	1.65				0.09 NS	0.15 B		

GRANJA EXPERIMENTAL CHUQUIPATA
 Laboratorio de Suelos y Aguas

Interpretación		
Al+H, Al, Na	C.E.	M.O.
Ad = Adecuado	NS = No Salino	B = Bajo
LT = Ligeram. Tóxico	LS = Lig. Salino	M = Medio
T = Tóxico	S = Salino	A = Alto
	MS = Muy Salino	

Abreviaturas	
C.C.	Capacidad de Campo
Sat.	Saturación
P.M.	Punto de Marchitez
A.D.	Agua Disponible
C.H.	Conductividad Hidráulica

Abreviaturas	
C.E.	Conductividad Eléctrica
M.O.	Materia Orgánica
D.A.	Densidad Aparente
NT	Nitrógeno Total
C/N	Relación Carbono: Nitrógeno
M.S.	Materia Seca
H.	Humedad

Determinación	Metodología	Extrayente
M.O.	Análisis elemental (TOC)	No Aplica
Na	Extracción de pasta saturada	Agua
C.E.	Extracción de pasta saturada	Agua
Nf	Semimicro Kjendahl	No Aplica

Niveles de Referencia			
	Lig. Tóxico		Lig. Salino
Al + H	0.50 - 1.00	C.E.	2.00 - 3.00
Al	0.50 - 1.00	Medio	
Na	1.00 - 2.00	M.O.	2.00 - 5.00

Responsable Laboratorio

N/E: No Entrega

Se prohíbe la reproducción total o parcial de este documento, los datos deberán ser apropiadamente citados.

Laboratorista

Fecha de Impresión: 28/08/2015

Página 2 de 2



ESTACION EXPERIMENTAL DEL AUSTRO
LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS
 km 12 1/2 vía El Descanso - BULLCAY - Gualaquío www@iniap.gob.ec
 Azuay - Ecuador TeleFax: (07) 2171161



REPORTE DE ANALISIS DE CLASE TEXTURAL

DATOS DEL PROPIETARIO

Nombre : Ingrid León Teléfono : N/E
 Dirección : e-mail : N/E
 Ciudad : Zamora

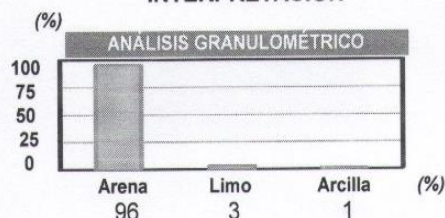
DATOS DE LA PROPIEDAD

Nombre :
 Provincia : Zamora Chinchipe Ubicación : Charico
 Parroquia : Zamora Latitud : Longitud :

DATOS DE LA MUESTRA

No. Laboratorio : 3080 Responsable Muestreo : Cliente Factura No. : 0
 Identificación : M1. APCN Fecha Muestreo : 25/08/2015 Fecha Análisis : 25/08/2015
 Cultivo Actual : N/E Fecha Ingreso : 25/08/2015 Fecha Emisión : 25/08/2015

INTERPRETACION




CLASE TEXTURAL

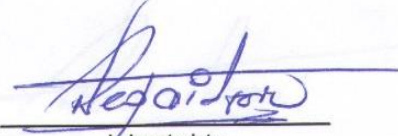
Arena

PARAMETROS COMPLEMENTARIOS PARA USO EN RIEGO

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Capacidad de Campo	0.09	cm ³ /cm ³
Conductividad Hidráulica a la Saturación	10.80	cm ³ /h
Saturación	0.26	cm ³ /cm ³
Densidad Aparente	1.89	gr/cm
Punto de Marchitez	0.03	cm ³ /cm ³
Agua Disponible	0.06	cm ³ /cm ³
Humedad		%

Determinación	Metodología	Extractante
Textura	Bouyoucos	No Aplica


 Responsable laboratorio


 Laboratorista

N/E: No Entrega

Los resultados emitidos en este informe, corresponden únicamente a la(s) muestra(s) sometida(s) al ensayo.

Se prohíbe la reproducción parcial, si se va a fotocopiar que sea de todo el documento original.

Fecha Impresión : 28/08/2015



ESTACION EXPERIMENTAL DEL AUSTR0
LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS
 km 12 1/2 via El Descanso - BULLCAY - Gualaceo www@iniap.gob.ec
 Azuay - Ecuador TeleFax: (07) 2171161



REPORTE DE ANALISIS DE CLASE TEXTURAL

DATOS DEL PROPIETARIO

Nombre : Ingrid León Teléfono : N/E
 Dirección : e-mail : N/E
 Ciudad : Zamora

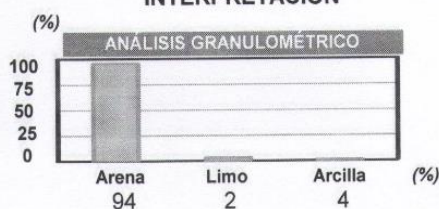
DATOS DE LA PROPIEDAD

Nombre :
 Provincia : Zamora Chinchipe Ubicación : Charico
 Parroquia : Zamora Latitud : Longitud :

DATOS DE LA MUESTRA

No. Laboratorio : 3081 Responsable Muestreo : Cliente Factura No. : 0
 Identificación : M2. APSN Fecha Muestreo : 25/08/2015 Fecha Análisis : 25/08/2015
 Cultivo Actual : N/E Fecha Ingreso : 25/08/2015 Fecha Emisión : 25/08/2015

INTERPRETACION



CLASE TEXTURAL

Arena

PARAMETROS COMPLEMENTARIOS PARA USO EN RIEGO .

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Capacidad de Campo	0.12	cm ³ /cm ³
Conductividad Hidráulica a la Saturación	10.56	cm/h
Saturación	0.34	cm ³ /cm ³
Densidad Aparente	1.69	gr/cm
Punto de Marchitez	0.05	cm ³ /cm ³
Agua Disponible	0.07	cm ³ /cm ³
Humedad		%

INIAP
 ESTACION EXPERIMENTAL CHUQUIPATA
 Laboratorio de Suelos y Aguas

Determinación	Metodología	Extractante
Textura	Bouyoucos	No Aplica

Responsable laboratorio

Laboratorista

N/E: No Entrega

Los resultados emitidos en este informe, corresponden únicamente a la(s) muestra(s) sometida(s) al ensayo.

Se prohíbe la reproducción parcial, si se va a fotocopiar que sea de todo el documento original.

Fecha Impresión : 28/08/2015



ESTACION EXPERIMENTAL DEL AUSTRO
LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS
 km 12 1/2 via El Descanso - BULLCAY - Gualaceo www@iniap.gob.ec
 Azuay - Ecuador TeleFax: (07) 2171161



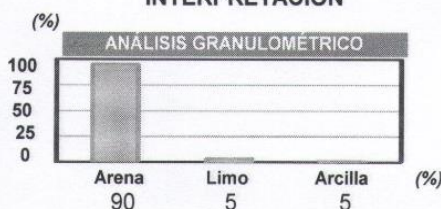
REPORTE DE ANALISIS DE CLASE TEXTURAL

DATOS DEL PROPIETARIO			
Nombre :	Ingríd León	Teléfono :	N/E
Dirección :		e-mail :	N/E
Ciudad :	Zamora		

DATOS DE LA PROPIEDAD			
Nombre :		Ubicación :	Charico
Provincia :	Zamora Chinchipe	Latitud :	
Parroquia :	Zamora	Longitud :	

DATOS DE LA MUESTRA			
No. Laboratorio :	3082	Responsable Muestreo :	Ciente
Identificación :	M3. MSCN	Fecha Muestreo :	25/08/2015
Cultivo Actual :	N/E	Fecha Ingreso :	25/08/2015
		Factura No. :	0
		Fecha Análisis :	25/08/2015
		Fecha Emisión :	25/08/2015

INTERPRETACION



CLASE TEXTURAL

Arena

PARAMETROS COMPLEMENTARIOS PARA USO EN RIEGO

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Capacidad de Campo	0.13	cm ³ /cm ³
Conductividad Hidráulica a la Saturación	7.91	cm/h
Saturación	0.36	cm ³ /cm ³
Densidad Aparente	1.65	gr/cm
Punto de Marchitez	0.06	cm ³ /cm ³
Agua Disponible	0.07	cm ³ /cm ³
Humedad		%

Determinación	Metodología	Extractante
Textura	Bouyoucus	No Aplica

Responsable laboratorio

Laboratorista

N/E: No Entrega

Los resultados emitidos en este informe, corresponden únicamente a la(s) muestra(s) sometida(s) al ensayo.

Se prohíbe la reproducción parcial, si se va a fotocopiar que sea de todo el documento original.

Fecha Impresión : 28/08/2015



ESTACION EXPERIMENTAL DEL AUSTRO
LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS
 km 12 1/2 vía El Descanso - BULLCAY - Gualaquero www@iniap.gob.ec
 Azuay - Ecuador TeleFax: (07) 2171161



REPORTE DE ANALISIS DE CLASE TEXTURAL

DATOS DEL PROPIETARIO

Nombre : Ingrid León Teléfono : N/E
 Dirección : e-mail : N/E
 Ciudad : Zamora

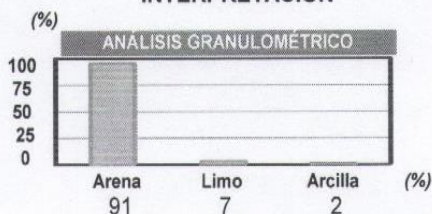
DATOS DE LA PROPIEDAD

Nombre :
 Provincia : Zamora Chinchipe Ubicación : Charico
 Parroquia : Zamora Latitud : Longitud :

DATOS DE LA MUESTRA

No. Laboratorio : 3083 Responsable Muestreo : Cliente Factura No. : 0
 Identificación : M4. MSSN Fecha Muestreo : 25/08/2015 Fecha Análisis : 25/08/2015
 Cultivo Actual : N/E Fecha Ingreso : 25/08/2015 Fecha Emisión : 25/08/2015

INTERPRETACION



CLASE TEXTURAL

Arena

PARAMETROS COMPLEMENTARIOS PARA USO EN RIEGO

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Capacidad de Campo	0.11	cm ³ /cm ³
Conductividad Hidráulica a la Saturación	13.56	cm/h
Saturación	0.30	cm ³ /cm ³
Densidad Aparente	1.78	gr/cm
Punto de Marchitez	0.04	cm ³ /cm ³
Agua Disponible	0.07	cm ³ /cm ³
Humedad		%

Determinación	Metodología	Extractante
Textura	Bouyoucus	No Aplica

Responsable laboratorio

Laboratorista

N/E: No Entrega

Los resultados emitidos en este informe, corresponden únicamente a la(s) muestra(s) sometida(s) al ensayo.

Se prohíbe la reproducción parcial, si se va a fotocopiar que sea de todo el documento original.

Fecha Impresión : 28/08/2015

INIAP
 ESTACION EXPERIMENTAL CHUQUI
 Laboratorio de Suelos y



ESTACION EXPERIMENTAL DEL AUSTRO
LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS
 km 12 1/2 via El Descanso - BULLCAY - Gualaceo www@iniap.gob.ec
 Azuay - Ecuador TeleFax: (07) 2171161



REPORTE DE ANALISIS DE CLASE TEXTURAL

DATOS DEL PROPIETARIO

Nombre : Ingrid León Teléfono : N/E
 Dirección : e-mail : N/E
 Ciudad : Zamora

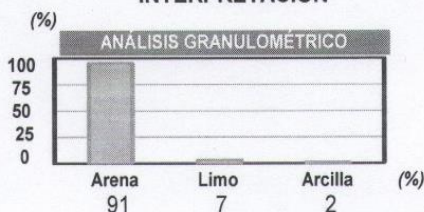
DATOS DE LA PROPIEDAD

Nombre :
 Provincia : Zamora Chinchipe Ubicación : Charico
 Parroquia : Zamora Latitud : Longitud :

DATOS DE LA MUESTRA

No. Laboratorio : 3083 Responsable Muestreo : Cliente Factura No. : 0
 Identificación : M4. MSSN Fecha Muestreo : 25/08/2015 Fecha Análisis : 25/08/2015
 Cultivo Actual : N/E Fecha Ingreso : 25/08/2015 Fecha Emisión : 25/08/2015

INTERPRETACION



CLASE TEXTURAL

Arena

PARAMETROS COMPLEMENTARIOS PARA USO EN RIEGO

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Capacidad de Campo	0.11	cm ³ /cm ³
Conductividad Hidráulica a la Saturación	13.56	cm/h
Saturación	0.30	cm ³ /cm ³
Densidad Aparente	1.78	gr/cm
Punto de Marchitez	0.04	cm ³ /cm ³
Agua Disponible	0.07	cm ³ /cm ³
Humedad		%

Determinación	Metodología	Extractante
Textura	Bouyoucos	No Aplica

Responsable laboratorio

Laboratorista

N/E: No Entrega

Los resultados emitidos en este informe, corresponden únicamente a la(s) muestra(s) sometida(s) al ensayo.

Se prohíbe la reproducción parcial, si se va a fotocopiar que sea de todo el documento original.

Fecha Impresión : 28/08/2015



REPORTE DE ANÁLISIS

Cliente: ASOCIACION DE PEQUEÑOS MINEROS
AUTONOMOS DE LAS CUENCAS
ENRIQUE SAMANIEGO SN Y JUAN CALVA
Telf:0979423365

Atn: Ing. Ingrid León

Proyecto: Análisis de Suelo

Muestra Recibida: 01-abr-15

Tipo de Muestra: 1 Muestra de Suelo

Análisis Completado: 16-abr-15

Número reporte Gruentec: 1504029-S001

Rotulación Muestra:	M1	Método Adaptado de Referencia
Fecha de Muestreo:	29-mar-15	
No. Reporte Gruentec:	1504029-S001	
Parámetros en Extracción Acuosa 2:1:		
pH ^(1,3)	5.7	EPA 9045 D
Conductividad μ S/cm ^(1,3)	7	EPA 9050 A
Parámetros Generales en Suelos:		
Textura *	Arenoso	Método Interno
Parámetros Orgánicos en peso seco:		
Materia Orgánica % *	0.57	HACH 8097

Registros y Acreditaciones:

⁽¹⁾ Acreditación No. OAE LE 2C 05-008

⁽²⁾ Registro SA / MDMQ No. LEA-R-005

⁽³⁾ Acreditación CALA No. A3154

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

INCERTIDUMBRE (U) para pH = 0.2 unidades

INCERTIDUMBRE (U):

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

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



Ing. Isabel Estrella

Gerente de Operaciones

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

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

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

Página 1 de 1



REPORTE DE ANÁLISIS

Cliente: ASOCIACION DE PEQUEÑOS MINEROS AUTONOMOS
DE LAS CUENCAS
ENRIQUE SAMANIEGO SN Y JUAN CALVA
Telf: 0979423365

Atn: Ing. Ingrid León

Proyecto: Análisis de Suelos

Muestra Recibida: 21-abr-15

Tipo de Muestra: 2 Muestras de Suelo

Análisis Completado: 23-abr-15

Número reporte Grúntec: 1504261-S001-2

Rotulación Muestra:	M1	M2	Método Adaptado de Referencia
Fecha de Muestreo:	20-abr-15	20-abr-15	
No. Reporte Grúntec:	1504261-S001	1504261-S002	

Metales en peso seco:			
Mercurio mg/kg ^(1,2)	28	102	EPA 6020 A
Plomo mg/kg ^(1,2)	9.6	9.4	EPA 6020 A

Registros y Acreditaciones:

⁽¹⁾ Acreditación No. OAE LE 2C 05-008

⁽²⁾ Registro SA / MDMQ No. LEA-R-005

⁽²⁾ Acreditación CALA No. A3154

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

INCERTIDUMBRE (U):

Metales en sólidos = 0.30; Humedad = 0.05

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



Ing. Isabel Estrella

Gerente de Operaciones

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

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

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

Página 1 de 1



REPORTE DE ANÁLISIS

Cliente: Ing. Ingrid León
Zamora
Telf: 0979423365
Atn: Ing. Ingrid León
Proyecto: Análisis de Suelos
Muestra Recibida: 24-jun-15
Tipo de Muestra: 1 Muestra de Suelo
Análisis Completado: 29-jun-15
Número reporte Gruntec: 1506359-S001

Rotulación Muestra:	M1T	Método Adaptado de Referencia
Fecha de Muestreo:	23-jun-15	
No. Reporte Gruntec:	1506359-S001	
Metales en peso seco:		
Mercurio mg/kg ^(1,3)	174	EPA 6020 A

Registros y Acreditaciones:

⁽¹⁾ Acreditación No. OAE LE 2C 05-008

⁽³⁾ Registro SA / MDMQ No. LEA-R-005

⁽²⁾ Acreditación CALA No. A3154

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

INCERTIDUMBRE (U):

Metales en sólidos = 0.30; 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 1



Accreditación N° OAE LE 2C 05-008
LABORATORIO DE ENSAYOS

REPORTE DE ANÁLISIS

Cliente: ASOCIACION DE PEQUEÑOS MINEROS AUTONOMOS DE LAS CUENCAS

ENRIQUE SAMANIEGO SN Y JUAN CALVA
Telf:0979423365

Atn: Ing. Ingrid León

Proyecto: Evaluación de Medicago Sativa Cecropia Peltata y Archis Pintoa como potencial fitorre amadoras

Muestra Recibida: 19-ago-15

Tipo de Muestra: 5 Muestras de Suelo

Análisis Completado: 26-ago-15

Número reporte Gruentec: 1508220-S001-5

Informe Revisado

Rotulación Muestra:	M1-APCN	M2-APSN	M3-MSCN	Método Adaptado de Referencia
Fecha de Muestreo:	18-ago-15	18-ago-15	18-ago-15	
No. Reporte Gruentec:	1508220-S001	1508220-S002	1508220-S003	

Metales en peso seco:				
Mercurio mg/kg ^(1,3)	132	254	167	EPA 6020 A

Registros y Acreditaciones:

⁽¹⁾ Acreditación No. OAE LE 2C 05-008

⁽³⁾ Registro SA / MDMQ No. LEA-R-005

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

INCERTIDUMBRE (U):

Metales en sólidos = 0.30; 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 2



REPORTE DE ANÁLISIS

Cliente: ASOCIACION DE PEQUEÑOS MINEROS AUTONOMOS
 DE LAS CUENCAS
 ENRIQUE SAMANIEGO SN Y JUAN CALVA
 Telf: 0979423365

Atn: Ing. Ingrid León

Proyecto: Análisis de Suelo

Muestra Recibida: 09-sep-15

Tipo de Muestra: 2 Muestras de Suelo

Análisis Completado: 15-sep-15

Número reporte Gruentec: 1509124-S001-2

Informe Revisado

Rotulación Muestra:	M6: CPSN	M7: CPCN	Método Adaptado de Referencia
Fecha de Muestreo:	08-sep-15	08-sep-15	
No. Reporte Gruntec:	1509124-S001	1509124-S002	

Metales en peso seco:			
Mercurio mg/kg ^(1,3)	249	312	EPA 6020 A

Registros y Acreditaciones:

⁽¹⁾ Acreditación No. OAE LE 2C 05-008

⁽³⁾ Registro SA / MDMQ No. LEA-R-005

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

INCERTIDUMBRE (U):

Metales en sólidos = 0.30; 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 1

REPORTE DE ANÁLISIS

Ciente: ASOCIACION DE PEQUEÑOS MINEROS
AUTONOMOS DE LAS CUENCAS
ENRIQUE SAMANIEGO SN Y JUAN CALVA
Telf: 0979423365

Atn: Ing. Ingrid León

Proyecto: Análisis de Vegetales

Muestra Recibida: 09-sep-15

Tipo de Muestra: 1 Muestra de Vegetales

Análisis Completado: 15-sep-15

Número reporte Gruntec: 1509124-VEG001-1

Rotulación Muestra:	M6: CPSNV	Método Adaptado de Referencia
Fecha de Muestreo:	08-sep-15	
No. Reporte Gruntec:	1509124-VEG001	

Metales en peso seco:		
Mercurio mg/kg *	60	EPA 6020 A

Registros y Acreditaciones:

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

INCERTIDUMBRE (U):

Metales en sólidos = 0,30; 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 1

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE CONTENIDO

1.	TÍTULO	1
2.	RESUMEN	2
2.1.	SUMMARY	4
3.	INTRODUCCIÓN	6
4.	REVISIÓN DE LITERATURA	8
4.1.	SUELO.	8
4.1.1.	PROPIEDADES DEL SUELO.	8
4.1.1.1.	Propiedades Físicas.	9
4.1.1.2.	Textura	9
4.1.1.3.	Porosidad	10
4.1.2.	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	11
4.1.3.	PROPIEDADES QUÍMICAS	11
4.1.3.1.	Potencial de Hidrogeno en Suelo	11
4.1.3.2.	Materia orgánica	12
4.1.3.3.	Propiedades biológicas.	13
4.2.	MERCURIO	13
4.2.1.	FUENTES DE CONTAMINACIÓN DE ORIGEN NATURAL Y ANTROPOGÉNICO	14
4.2.1.1.	Fuente Natural.	14
4.2.1.2.	Fuentes Antropogénicas.	14
4.2.2.	MINERÍA Y MERCURIO	14
4.2.3.	IMPACTOS POR LA ACTIVIDAD AURÍFERA AL SUELO POR METALES PESADOS.	15
4.2.4.	MERCURIO EN EL SUELO	16
4.3.	ABONOS ORGÁNICOS.	17
4.3.1.	TIPO DE ABONOS ORGÁNICOS	17
4.3.1.1.	Abonos sólidos	17
4.3.2.	ABONOS LÍQUIDOS	18
4.4.	BIORREMEDIACIÓN	18
4.4.1.	TIPOS DE TECNOLOGÍA.	19
4.4.1.1.	In situ.	19

		139
4.4.1.2.	Ex situ.	19
4.4.2.	FITORREMIACIÓN	20
4.4.2.1.	Ventajas y limitaciones de la Fitorremediación.	21
4.4.2.2.	Mecanismos de Fitorremediación	23
4.5.	PLANTAS HIPERACUMULADORAS	23
4.5.1.	<i>MEDICAGO SATIVA L (ALFALFA)</i>	24
4.5.2.	<i>CECROPIA PELTATA L (GUARUMO).</i>	24
4.5.2.1.	Comportamiento de <i>Ceropía Peltata L</i> con metales pesados.	26
4.5.3.	<i>ARACHIS PINTOI W.C(MANI FORRAJERO)</i>	26
4.5.4.	FITOTOXICIDAD DEL MERCURIO EN LAS PLANTAS.	28
4.6.	ACTIVIDAD DE LA RIZÓSFERA EN LAS PLANTAS.	29
4.7.	MECANISMOS EN EL INTERIOR DE LA PLANTA.	30
4.8.	SUELOS CONTAMINADOS.	31
4.8.1.	CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA	31
4.8.2.	DIAGNÓSTICO DE LA CONTAMINACIÓN IN SITU	32
4.8.3.	CRITERIOS DE CALIDAD DEL SUELO.	32
4.8.4.	CRITERIOS DE REMEDIACIÓN DEL SUELO.	33
4.8.5.	MUESTREO Y ANÁLISIS DE SUELOS	33
4.8.5.1.	De la toma de muestras para caracterización de suelos	33
4.8.5.2.	De la toma de muestras en caso de suelos contaminados	34
4.8.6.	REMEDIACIÓN DE SUELOS	34
4.8.6.1.	Del proceso de remediación	34
4.8.6.2.	De los resultados de la remediación	35
4.8.7.	TIPOS DE MUESTREO	36
4.8.7.1.	Muestreo a juicio	36
4.8.7.2.	Muestreo aleatorio simple	37
4.8.7.3.	Muestreo Estratificado	37
4.8.7.4.	Muestreo Sistemático	37
4.8.7.5.	Muestreo de Identificación (MI)	38
4.8.7.5.1.	Para el Muestreo de Identificación	38
4.8.7.6.	Tipos de Muestras	39
4.8.7.6.1.	Muestras simples	39
4.8.7.6.2.	Muestras compuestas	39

4.9.	MARCO LEGAL	140
4.10.	OTROS ESTUDIOS REALIZADOS	40
5.	MATERIALES Y MÉTODOS.	42
5.1.	MATERIALES	44
5.1.1.	MATERIALES DE CAMPO	44
5.1.2.	MATERIALES DE OFICINA	44
5.2.	MÉTODOS	45
5.2.1.	DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	45
5.2.1.1.	Ubicación del área de estudio	45
5.2.1.2.	Clima	47
5.2.1.3.	Hidrología	47
5.3.	METODOLOGÍA DEL OBJETIVO 1	47
5.3.1.	CRITERIOS DE SELECCIÓN DEL ÁREA A MUESTREAR.	47
5.3.2.	DELIMITACIÓN DEL ÁREA A MUESTREAR.	48
5.3.3.	TIPO DE MUESTREO	48
5.3.4.	TIPO DE ENVASE	48
5.3.5.	RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA.	49
5.3.6.	ETIQUETADO	50
5.3.7.	ENVÍO DE MUESTRAS AL LABORATORIO	50
5.3.8.	PARÁMETROS PARA ANÁLISIS	50
5.3.9.	RESULTADOS DEL LABORATORIO	50
5.4.	METODOLOGÍA DEL OBJETIVO 2	51
5.4.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN	51
5.4.2.	HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN:	51
5.4.3.	CONSTRUCCIÓN DEL ENSAYO	52
5.4.4.	ELABORACIÓN DEL ABONO (BOCASHI)	54
5.4.4.1.	Materiales.	54
5.4.4.2.	Preparación del Bocashi	54
5.4.5.	OBTENCIÓN DE MATERIAL VEGETAL DE MEDICAGO SATIVA L (ALFALFA)	56
5.4.5.1.	Siembra con sustrato enriquecido a base de bocashi	56
5.4.5.2.	Siembra sin sustrato bocashi	57
5.4.6.	OBTENCIÓN DEL MATERIAL VEGETAL CECROPIA PELTATA L (GUARUMO)	58
5.4.6.1.	Trasplante con sustrato enriquecido a base de bocashi	58

		141
5.4.6.2.	Trasplante de <i>Cecropia Peltata</i> L sin sustrato bocshi	59
5.4.7.	<i>ARACHIS PINTOI</i> W.C (MANÍ FORRAJERO)	59
5.4.8.	SIEMBRA DE LAS ESPECIES	60
5.4.8.1.	<i>Medicago Sativa</i> L (Alfalfa).	60
5.4.8.2.	<i>Cecropia Peltata</i> L (<i>Guarumo</i>).	60
5.4.8.3.	<i>Arachis Pintoi</i> L (<i>maní forrajero</i>).	61
5.4.9.	SEGUIMIENTO Y CONTROL	62
5.4.10.	TOMA DE MUESTRA DE SUELO EN EL ENSAYO.	63
5.4.11.	DISEÑO ESTADÍSTICO DE LAS ESPECIES VEGETALES.	64
5.5.	METODOLOGÍA DEL OBJETIVO 3	64
5.5.1.	TIPO DE MUESTREO	64
5.5.2.	NÚMERO DE MUESTRAS	65
5.5.3.	CANTIDAD DE MUESTRAS.	65
5.5.4.	PROFUNDIDAD DE LA MUESTRA	66
5.5.5.	RECOLECCIÓN DE MUESTRAS	66
5.5.6.	TIPO DE ENVASE	67
5.5.7.	ETIQUETADO	68
5.5.8.	ENVÍO DE MUESTRAS AL LABORATORIO	68
5.5.9.	PARÁMETROS PARA ANÁLISIS	69
5.5.10.	ANÁLISIS DE LA MUESTRA EN EL LABORATORIO.	69
6.	RESULTADOS.	70
6.1.	RESULTADOS DEL PRIMER OBJETIVO ESPECÍFICO.	70
6.1.1.	DESCRIPCIÓN DEL SITIO.	70
6.1.2.	IDENTIFICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO.	72
6.1.3.	RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DEL SUELO.	73
6.2.	RESULTADOS DEL SEGUNDO OBJETIVO ESPECÍFICO:	73
6.2.1.	SEGUIMIENTO Y CONTROL DE LAS ESPECIES.	73
6.2.2.	RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DEL SUELO AL FINALIZAR EL ENSAYO.	79
6.2.3.	REALIZAR UNA CONJETURA	80
6.2.4.	PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS NULA Y LA HIPÓTESIS ALTERNATIVA	80
6.2.5.	CALCULAR EL VALOR DEL CHI-CUADRADO	81
6.2.6.	CALCULANDO EL CHI CUADRADO (X^2) NOS DA COMO RESULTADO.	83
6.2.7.	INTERPRETAR LA COMPARACIÓN	84

6.2.8.	PROPUESTA DE COSTOS PARA REMEDIACIÓN DE SUELOS CON Hg POR HECTÁREA	142
6.3.	RESULTADOS DEL TERCER OBJETIVO ESPECÍFICO:	85
6.3.1.	RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE MERCURIO DE LAS PLANTAS DE CADA REPETICIÓN DEL ENSAYO.	87
7.	DISCUSIÓN	88
7.1.	PARA LOS RESULTADOS DEL PRIMER OBJETIVO ESPECÍFICO	88
7.2.	PARA LOS RESULTADOS DEL SEGUNDO OBJETIVO ESPECÍFICO.	90
7.3.	PARA LOS RESULTADOS DEL TERCER OBJETIVO ESPECÍFICO:	94
8.	CONCLUSIONES	96
9.	RECOMENDACIONES	97
10.	BIBLIOGRAFÍA	98
11.	ANEXOS	110
	ÍNDICE GENERAL	138
	ÍNDICE DE CONTENIDO	138

Índice de Tablas

<i>Tabla 1: Clases texturales del suelo.</i>	10
<i>Tabla 2: Tipos de salinidad (conductividad eléctrica).</i>	11
<i>Tabla 3: Indicadores de potencial de hidrógeno</i>	12
<i>Tabla 4: Interpretación de Materia Orgánica.</i>	13
<i>Tabla 5: Criterios de Calidad de Suelo.</i>	36
<i>Tabla 6: Número mínimo de puntos de muestreo para el Muestreo de Identificación.</i>	39

Índice de cuadros

<i>Cuadro 1: Mecanismos de fitorremediación</i>	23
<i>Cuadro 2. Ubicación geográfica del área de estudio.</i>	45
<i>Cuadro 3. Resultado de los análisis físico-químicos y Hg del suelo.</i>	73
<i>Cuadro 4. Seguimiento y control de Medicago sativa L (alfalfa).</i>	74
<i>Cuadro 5. Seguimiento y control de Arachis Pintoi W.C. (maní forrajero).</i>	75
<i>Cuadro 6. Seguimiento y control de Cecropia Peltata L (guarumo).</i>	77
<i>Cuadro 7. Resultados de los análisis del suelo al finalizar el ensayo.</i>	79

	143
Cuadro 8. Frecuencias observadas en los tratamientos. _____	81
Cuadro 9. Resultados de la suma de las frecuencias observadas _____	82
Cuadro 10. Contingencia con las frecuencias esperadas. _____	83
Cuadro 11. Costo de remediación de suelos con la especie <i>Arachis pintoi</i> W.C por ha _____	85
Cuadro 12. Costo de remediación de suelos con la especie <i>Medicago sativa</i> L _____	86
Cuadro 13. Costo de remediación de suelos con la especie <i>Medicago sativa</i> L _____	86
Cuadro 14. Resultado del análisis de mercurio en las especies vegetales. _____	87

Índice de Figuras

Figura 1. Diseño de muestreo _____	48
Figura 2. Diseño del ensayo _____	52
Figura 3. Diseño para siembra de <i>Medicago Sativa</i> L (Alfalfa). _____	60
Figura 4. Diseño para siembra <i>Cecropia Peltata</i> L (Guarumo). _____	61
Figura 5. Diseño para siembra <i>Arachis Pintoi</i> W.C (maní forrajero). _____	61

Índice de Fotografías

Fotografía 1. Recolección de la muestra _____	49
Fotografía 2. Traslado de las muestras al laboratorio. _____	49
Fotografía 3. Etiquetado de la muestra _____	50
Fotografía 4. Recipientes plásticos para la construcción de los ensayos. _____	53
Fotografía 5. Material contaminado extraído de las riveras del Río Nambija. _____	53
Fotografía 6. Materiales para la realización de bocashi. _____	54
Fotografía 7. Preparación del bocashi. _____	55
Fotografía 8. Temperatura del bocashi. _____	55
Fotografía 9. Llenado de bolsas plásticas _____	56
Fotografía 10. Semilleros de la <i>Medicago Sativa</i> L (alfalfa). _____	56
Fotografía 11. Llenado de las bolsas plásticas con suelo negro. _____	57
Fotografía 12. Semilleros de la <i>Medicago Sativa</i> L (alfalfa) _____	57
Fotografía 13. Recolección de muestras por regeneración natural. _____	58
Fotografía 14. Llenado de bolsas plásticas para el trasplante de guarumo. _____	58
Fotografía 15. Trasplante de guarumo en suelo con sustrato bocashi. _____	59
Fotografía 16. Trasplante de maní forrajero en suelo con sustrato bocashi. _____	59
Fotografía 17. Siembra de <i>Medicago Sativa</i> L), <i>Cecropia Peltata</i> L y <i>Arachis Pintoi</i> W.C en el ensayo. _____	61

	144
Fotografía 18. Identificación de cada planta con un código. _____	62
Fotografía 19. Seguimiento de las plantas. _____	62
Fotografía 20. Toma de muestras. _____	63
Fotografía 21. Muestras recolectadas. _____	64
Fotografía 22. Documentación de cada muestra. _____	64
Fotografía 23. Recolección de las plantas. _____	65
Fotografía 24. Número de muestras a recolectar _____	65
Fotografía 25. Recolección de muestras. _____	66
Fotografía 26. Protección adecuada para la recolección de muestras. _____	66
Fotografía 27. Documentación de cada muestra. _____	67
Fotografía 28. Envase de la muestra recolectada. _____	67
Fotografía 29. Envase de la muestra recolectada. _____	68
Fotografía 30. Caja cooler para envío de las muestras al laboratorio. _____	68
Fotografía 31. Muestro inicial _____	71

Índice de mapas

Mapa 1. Ubicación del área de estudio (Barrio Puente Azul). _____	46
Mapa 2. Identificación de los sitios de muestreo. _____	72

Índice de graficas

Gráfica 1. Seguimiento de <i>Arachis Pintoi</i> W.C. provenientes de semilleros con sustrato	76
Gráfica 2. Seguimiento de <i>Arachis Pintoi</i> L provenientes de semilleros sin sustrato	76
Gráfica 3. Seguimiento de <i>Cecropia Peltata</i> L provenientes de semilleros sin sustrato	78