



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

CARRERA DE INGENIERÍA EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

“IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DEL POTENCIAL
FITORREMIADOR DE ESPECIES VEGETALES PRESENTES
EN EL SUELO CONTAMINADO POR GRASAS Y ACEITES
LUBRICANTES EN LA LAVADORA Y LUBRICADORA MARIFER
DE LA CIUDAD DE ZAMORA.”

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

AUTOR:

Juan Carlos Rivas Rodríguez

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 CONTINGENCIA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA, SEDE ZAMORA.

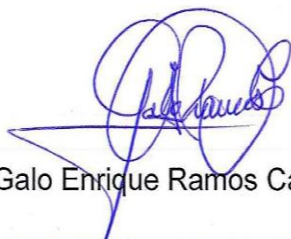
CERTIFICO:

Que el presente trabajo de titulación denominado: **“IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DEL POTENCIAL FITORREMIADOR DE ESPECIES VEGETALES PRESENTES EN EL SUELO CONTAMINADO POR GRASAS Y ACEITES LUBRICANTES EN LA LAVADORA Y LUBRICADORA MARIFER DE LA CIUDAD DE ZAMORA.”**, desarrollado por el Sr. Juan Carlos Rivas Rodríguez, ha sido elaborado 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, 7 de noviembre de 2016

Atentamente.



Ing. Galo Enrique Ramos Campoverde Mg. Sc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

AUTORÍA

Yo **JUAN CARLOS RIVAS RODRÍGUEZ**, declaro ser autor del presente trabajo de tesis 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 tesis en el Repositorio Institucional-Biblioteca Virtual.

AUTOR: Juan Carlos Rivas Rodríguez

FIRMA: _____

A handwritten signature in blue ink, consisting of several overlapping loops and lines, positioned above a horizontal line.

CÉDULA: 1900642925

FECHA: Loja 12 de Diciembre del 2016

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

Yo **JUAN CARLOS RIVAS RODRÍGUEZ**, declaro ser autor de la Tesis titulada **“IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DEL POTENCIAL FITORREMEDIADOR DE ESPECIES VEGETALES PRESENTES EN EL SUELO CONTAMINADO POR GRASAS Y ACEITES LUBRICANTES EN LA LAVADORA Y LUBRICADORA MARIFER DE LA CIUDAD DE ZAMORA.”**, como requisito para optar por el grado de: **INGENIERO EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE**, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional.

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

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

Para constancia de esta autorización en la ciudad de Loja, a los doce días del mes de Diciembre del dos mil dieciséis, firma el autor:

FIRMA: _____

AUTOR: JUAN CARLOS RIVAS RODRÍGUEZ

CÉDULA: 1900642925

DIRECCIÓN: Zamora, Av. Celestino Márquez y Padre Daniel De Santiago. Esq.

CORREO ELECTRÓNICO: carlos89rr@yahoo.es

TELÉFONO: 2-606-308 **CELULAR:** 0982324977

DATOS COMPLEMENTARIOS

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

TRIBUNAL DE GRADO

Ing. Osmani Eduardo López Celi, Mg. Sc.

PRESIDENTE

Ing. Fausto Ramiro García Vasco, Mg. Sc.

Vocal

Ing. Hilter Farley Figueroa Saavedra, Mg. Sc.

Vocal

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación está dedicado a mi familia quienes a través de su apoyo incondicional me han motivado continuamente para poder alcanzar mis metas y objetivos planteados.

De manera especial a mi padre Juan Rivas por el apoyo que me ha brindado durante mi carrera universitaria.

A mi madre Gladys Rodríguez quien me ha brindado la fuerza para continuar esforzándome hasta lograr alcanzar mis objetivos planteados para seguir superándome.

A mis queridos hermanos por sus buenos consejos, su apoyo, su cariño y la comprensión que siempre me han brindado.

Juan Carlos Rivas Rodríguez

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad Nacional de Loja por haberme permitido continuar con mis estudios académicos, permitiéndome optar por el título de Ingeniero en Manejo y Conservación del Medio Ambiente.

Al Ing. Zhofre Aguirre, docente investigador de la Universidad Nacional de Loja por la ayuda brindada en el herbario Reinaldo Espinosa que me permitió continuar con la presente investigación.

A los docentes de la carrera de Ingeniería en el Manejo y Conservación del medio Ambiente de la Universidad Nacional de Loja, sede Zamora, quienes me han compartido sus conocimientos y experiencias, inculcando sus valores éticos que han influenciado en mi formación profesional.

A mi director de tesis Ing. Galo Ramos Campoverde, Mg. Sc, por haberme guiado en desarrollo de la presente investigación compartiendo sus conocimientos y experiencias adquiridas en su vida profesional lo cual me ayudó a alcanzar y cumplir con los objetivos planteados en la presente investigación.

A la señora Paccha Chamba propietaria de lavadora y lubricadora Marifer por su amabilidad permitiendo el desarrollo de la presente investigación en el terreno de su empresa.

También quiero agradecer a mis compañeros con quienes he compartido grandiosos momentos, lo cual nos ha unido en un lazo de amistad y buen profesionalismo.

Juan Carlos Rivas Rodríguez

1. TÍTULO

**“IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DEL POTENCIAL FITORREMEDIA
DOR DE ESPECIES VEGETALES PRESENTES EN EL SUELO CONTAMINADO POR
GRASAS Y ACEITES LUBRICANTES EN LA LAVADORA Y LUBRICADORA
MARIFER DE LA CIUDAD DE ZAMORA.”**

2. RESUMEN

El presente trabajo de investigación se desarrolló en el terreno aledaño de la lavadora y lubricadora Marifer de la ciudad de Zamora, se basó en la técnica de la fitorremediación para la remoción de Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH), Grasas y Aceites presentes en el suelo en concentraciones de 14921.7 y 15318.2 mg/kg, valores que se encuentran sobre los límites máximos permisibles según el Acuerdo Ministerial 097. Además de la contaminación existente, también se determinó la productividad del sector encontrando cultivos de yuca, maíz, plátano y caña de azúcar con una producción de 0.69 T/Ha, la misma que es baja frente a la producción que se da a nivel nacional que es de 77.47 T/Ha. Concluido el diagnóstico de la zona de estudio se procedió a realizar un inventario herbáceo y un análisis taxonómico donde se identificó a las especies *Ageratum conyzoides*. L y *Sida rhombifolia*. L, como representativas de las zonas de contaminación existentes. Para iniciar el tratamiento de fitorremediación se instaló un invernadero de 12m², además se implementó 5 platabandas de 0.36m² donde se depositó 0.072m³ de suelo extraído de los puntos de contaminación. Para el trasplante se recolectó 32 plantas por cada especie vegetal sumergiéndolas en una solución de 50 ml de Cytokin con 50 gr de SOL-U-GRO en 20 litros de agua por el lapso de un minuto, se implementaron dos tratamientos con dos repeticiones para cada especie vegetal, siendo evaluadas para determinar su comportamiento al contaminante en el lapso de 90 días que duró la presente investigación. La especie *Ageratum conyzoides*. L presentó más anomalías y un porcentaje de mortalidad del 25%, en comparación con la especie *Sida rhombifolia*. L, que presentó menos anomalías y no existió mortalidad entre sus plantas. En cuanto a la remoción

de los contaminantes la especie *Ageratum conyzoides*. L, sobresalió con el 25.51% para TPH y el 25.48 % de grasas y Aceites frente a la especie *Sida rhombifolia*. L que presentó una reducción del 18.23 de TPH y 16.43 % de Grasas y Aceites. Estas especies vegetales han demostrado poseer un potencial fitorremediador para la remoción de TPH, Grasas y Aceites, por lo que pueden ser aplicadas para la descontaminación de los suelos, con un costo por hectárea de 1.261.13 dólares, considerando que estas especies vegetales una vez implementadas en el área a descontaminar no necesitan de un cuidado constante.

2.1. Summary

The present research work was developed near the lubricant and washing car Marifer in the city of Zamora, was based on the technique of phytoremediation for the removal of Total Petroleum Hydrocarbons (TPH), Fats and Oils present in the soil at concentrations of 14921.7 and 15318.2 mg/kg, values above the maximum permissible limits. In addition, the productivity of the zone was determined finding cassava, maize, banana and sugarcane crops with a production of 0.69 T/Ha, which is low compared to the national production of 77.47 T/Ha. Subsequently an herbaceous inventory and a taxonomic analysis were carried out where the species *Ageratum conyzoides* L. and *Sida rhombifolia* L, were identified, as representative of the study and pollution area. To start the treatment of phytoremediation, a greenhouse of 12m was installed. In addition, five platforms of 0.36 m were installed where the contaminated soil extracted from contamination points was deposited. For the transplant, 32 plants per plant species were collected by immersing them in a solution of 50 ml of Cytokin with 50 g of SOL-U-GRO in 20 liters of water for one minute, two treatments were implemented with two replicates for each plant species, being evaluated to determinate their behavior to contaminate during the 90 days of the present investigation. The *Ageratum conyzoides* L. specie, presented more anomalies and a mortality rate of 25%, compared to the species *Sida rhombifolia*. L, wich presented less anomalies and there was no mortality among its plants. Regarding the removal of contaminant the specie *Ageratum conyzoides*. L, stood out with 25.51% for TPH and 25.48% of fats and oils against the specie *Sida rhombifolia*. L that presented a reduction of 18.23 TPH and 16.43% of Fats and Oils. This plant species had demonstrate to have a phytoremediation potential for the removal of TPH, Fats and Oils, so they can be applied for the decontamination of

soils with a cost per hectare of 1,261.13 dollars, considering that these species once implemented in the area to be decontaminated does not need constant care.

3. INTRODUCCIÓN

La contaminación de los suelos por hidrocarburos en el Ecuador comenzó en 1965, cuando se descubrió el primer pozo de petróleo dando inicio a la explotación petrolera en el país llevada a cabo sin ningún tipo de regulaciones ambientales generando focos de contaminación que en la actualidad se conoce como pasivos ambientales provocando un gran impacto ambiental y social. Existen actividades que también contribuyen a la contaminación del suelo como las que se llevan a cabo en las lavadoras y lubricadoras debido al inadecuado manejo de sus residuos y la falta de mantenimiento de la infraestructura empleada para el almacenamiento y tratamiento de los desechos tóxicos que se vierten al medio por fugas y derrames. Ante esta problemática es importante optar por una técnica de remediación que sea amigable con el ambiente, de bajo costo y efectiva como es la fitorremediación considerada como una ecotecnología. Por tal razón la presente investigación se basó en la fitorremediación del suelo contaminado por Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH), Grasas y Aceites, para lo cual se realizó un inventario herbáceo y un análisis taxonómico identificando a las especies vegetales representativas de los sitios de contaminación como son las especies *Ageratum conyzoides*. L y *Sida rhombifolia*. L, que demostraron tener un potencial de fitorremediación en el cual se destacó la especie *Ageratum conyzoides*. L, siendo esta investigación un aporte importante ante la contaminación del suelo por hidrocarburos que se presenta en la ciudad de Zamora. Los beneficiarios directos de la presente investigación son los propietarios de las lavadoras y lubricadoras que pueden utilizar las especies vegetales de la presente investigación para la restauración del suelo, así como también las personas interesadas en la restauración de suelos contaminados por TPH, Grasas y Aceites, permitiendo su recuperación y aprovechamiento para

realizar actividades productivas. Por otra parte también beneficiará a los organismos de regulación y control de la contaminación como el Ministerio de Ambiente, GADs cantonal y parroquial, permitiendo la utilización y recomendación de las presentes especies vegetales para tratar suelos contaminados.

El presente trabajo de investigación ofrece una alternativa para la recuperación de suelos afectados por la contaminación de TPH, Grasas y Aceites debido a que estas especies han demostrado una actividad fitorremediadora, con un costo por hectárea de 1.261.13 dólares que es relativamente bajo en comparación con otras técnicas, también hay que considerar que estas especies vegetales son fáciles de encontrar, poseen una gran adaptabilidad y una rápida reproducción.

Para el desarrollo de la presente investigación se planteó un objetivo general y dos objetivos específicos que se muestran a continuación.

Identificar y evaluar el potencial fitorremediador de las especies vegetales presentes en el suelo contaminado por grasas y aceites lubricantes en el terreno aledaño a la lavadora y lubricadora Marifer de la ciudad de Zamora.

Diagnosticar el estado actual de la contaminación del suelo por grasas y aceites lubricantes en el terreno aledaño de la lavadora y lubricadora Marifer de la ciudad de Zamora.

Identificar y evaluar el potencial fitorremediador de dos especies vegetales representativas existentes en el suelo contaminado por grasas y aceites lubricantes en el terreno aledaño a la lavadora y lubricadora Marifer de la ciudad de Zamora.

4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. Concepto de suelo

Existen varios conceptos del suelo que varían según su uso y su forma de producción. Según Jiménez y Hernández, (2013) argumentan lo siguiente:

El suelo es la parte externa de la corteza terrestre, que ha sufrido y sigue sufriendo acciones causadas por agentes atmosféricos y seres vivos, además sirve de soporte a la vegetación, no es un medio inerte si no estable que se altera con el paso del tiempo, su espesor varía desde unos pocos cm, hasta 2-3 m. y es un soporte para el desarrollo de la vida en la tierra (pp.4-7).

Por otra parte Casas, (2011) menciona lo siguiente “el suelo es el resultado de la transformación en el transcurso del tiempo del material geológico, se compone de partículas minerales, materia orgánica, agua y aire. Posee propiedades físicas, químicas y biológicas lo que hace biológicamente activo” (p.11).

4.1.1. El suelo como un elemento indispensable para el desarrollo de la vida.

El suelo es donde se desarrollan todas las actividades de los seres vivos, su funcionalidad es muy importante debido a que en él se desarrollan sustanciales funciones como la elaboración de biomasa para la producción de alimentos destinada a una amplia variedad de plantas y microorganismos. Por lo cual se considera al suelo como el hábitat para un gran número de especies con diferentes funciones en el ecosistema, desempeñado un rol muy importante en su desarrollo y la subsistencia de la especie humana, hace posible que se desarrolle la agricultura, la ganadería y demás formas de producción para la obtención de alimentos, además también permite que se desarrolle la industria por medio de la

extracción de las materias primas presentes en el suelo. (ECO Agricultor, 2016, p.1.).

4.1.2. Sustentabilidad del suelo.

Es sumamente importante que se desarrolle un manejo sustentable del recurso suelo para evitar su degradación con ello se puede evitar que se pierda la funcionalidad y calidad de los suelos, como lo menciona la Fundación Heberto Castillo Martínez, (2009) con respecto a la sustentabilidad del suelo argumenta lo siguiente:

La sustentabilidad del suelo se refiere a su utilización como un recurso no renovable de una manera tal que no ejerza efectos negativos que son irreparables bajo condiciones racionales ya sea en el suelo mismo o en cualquier otro sistema del ambiente, partiendo de la idea de que el suelo realiza varias funciones para el hombre como producir biomasa, almacenamiento, filtración y transformación de nutrientes para preservar la biodiversidad tales como hábitats, especies y genes (p.12).

Por otra parte la Red Agraria, (2016) manifiesta que:

La sustentabilidad del suelo debería ser considerada dinámica porque finalmente refleja las necesidades cambiantes de una población global en crecimiento para lo cual expondrá las prácticas de conservación del suelo como la labranza conservacionista, la rotación de cultivos, el drenaje de los suelos, el manejo adecuado de los residuos, la conservación del agua, utilización de fertilizantes orgánicos, el balance de nutrientes del suelo y los sistemas mejorados para la combinación del suelo, clima y cultivos (p.1).

Por lo cual se puede decir que la finalidad de la sustentabilidad del suelo, es la preservación de sus funciones, su dinámica y su biodiversidad través de la

aplicación de técnicas y proceso que no alteren significativamente la función de los suelos.

4.1.3. El suelo como un sistema ecológico.

Desde el punto de vista ecológico el suelo es el subsistema de los ecosistemas terrestres en donde se realiza principalmente el proceso de descomposición de la materia orgánica fundamental para la reobtención y reciclado de nutrientes que aseguren el otro gran proceso vital para todos los seres vivos. Por otra parte desde un punto de vista ecológico más amplio, el suelo sirve de refugio a una gran cantidad de especies consumidoras que en su gran mayoría son microorganismos que habitan en los poros y oquedades del suelo. (ECO.PORTAL.NET, 2016, p.1.).

4.1.4. Características del suelo.

Respecto a las características que posee el suelo la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2016) argumenta lo siguiente:

Los distintos tipos de suelos presentes en la corteza terrestre se diferencian por sus características físicas, químicas y biológicas, estas características dependen de varios factores, los más importantes son el tipo de roca que los originó, su antigüedad, el relieve, el clima, la vegetación y los animales que viven en él, además de las modificaciones causadas por la actividad humana (p.1).

4.1.4.1. Características físicas.

El tamaño de las partículas minerales que forman el suelo determina sus propiedades físicas como su textura, estructura, capacidad de drenaje del agua y su aireación. De esta manera los suelos arenosos poseen gránulos más grandes

por lo cual son sueltos y se trabajan con facilidad, pero los surcos se desmoronan permitiendo que el agua se infiltre rápidamente, además de contener pocas reservas de nutrientes aprovechables para las plantas. Los suelos limosos tienen gránulos de tamaño intermedio, son pesados y con pocos nutrientes. En cuanto a los suelos arcillosos están formados por partículas muy pequeñas, estos suelos son pesados, no drenan ni se desecan fácilmente y contienen buenas reservas de nutrientes, son fértiles, pero difíciles de trabajar cuando están muy secos. (FAO, 2016, p.1.).

4.1.4.2. Características químicas.

Estas características dependen de la proporción de los distintos minerales y sustancias orgánicas que lo componen, el contenido de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio debe ser abundante y equilibrado, en cuanto a la materia orgánica esta siempre debe contener carbono, oxígeno e hidrógeno, además de otros elementos. Al descomponer las plantas y animales muertos, los microorganismos liberan los nutrientes permitiendo que puedan ser utilizados nuevamente. En definitiva las propiedades físicas y químicas del suelo, unidas a los factores climáticos, determinan los vegetales y animales que pueden desarrollarse e incluso la forma en que se debe cultivar la tierra. (Vargas, 2016, p.8.).

4.1.4.3. Propiedades biológicas.

Las propiedades biológicas están asociadas a la presencia de materia orgánica y a las formas de vida animal, tales como microorganismos, lombrices e insectos que contribuyen a definir la capacidad de uso del suelo y su susceptibilidad a la

erodabilidad, estas propiedades son muy importantes ya que están constituidas por la microfauna que mejoran las condiciones del suelo acelerando la descomposición y mineralización de la materia a través de sus ciclos como el del nitrógeno y carbono. (Ferlini y Díaz, 2016, p.1.).

4.1.5. Perfil del suelo.

El perfil del suelo está formado por la composición de sus horizontes (capas), las cuales presentan procesos y materiales distintos que dependen de algunas variables como el material de origen, el clima, la vegetación presente y el tipo de manejo que recibe el suelo, según lo argumenta la Universidad Nacional Abierta y A Distancia de Colombia (UNAD, 2016, p.1.).

4.1.5.1. Horizonte O.

Son capas dominadas por material orgánico, que consiste de hojarasca no descompuesta o parcialmente descompuesta acumulada en la superficie. Este tipo de horizontes no están saturados con agua por periodos prolongados y la concentración mineral por lo general es mucho menos que la mitad de su peso. (FAO, 1999, p.85.).

4.1.5.2. Horizonte A.

Se encuentra por debajo del horizonte O, presenta un color más oscuro debido a la materia orgánica descompuesta (humus) y en proceso de descomposición, este horizonte es el que suministra mayor cantidad de nutrientes a las plantas, siendo muy común las actividades de laboreo, pastoreo entre otras actividades debido a su alta concentración de humus. (Arias Jiménez, 2007, p. 30.).

4.1.5.3. Horizonte E.

Horizonte mineral que se destaca por la pérdida de minerales de arcilla o de óxidos de hierro y aluminio, por procesos de lixiviación. De esta forma se observa una alta acumulación de minerales de limo y arena debajo del horizonte O y el horizonte A. (Edafología, 2016, p.1.).

4.1.5.4. Horizonte B.

En este horizonte se ha perdido todo vestigio de la estructura original del material parental y se pueden observar algunos procesos como acumulación de arcillas, hierro, aluminio, humus, carbonatos, yeso y sílice que se han trasladado de horizontes superiores. (Casanova, 2005, p. 83).

4.1.5.5. Horizonte C.

Horizonte que ha sido muy poco afectado por los procesos formativos del suelo, este horizonte contiene a los sedimentos, saprófitos y fragmentos rocosos poco consolidados que presentan baja a moderada resistencia a la excavación. Se incluyen porciones de suelo con acumulación de sílice, carbonatos y yeso, que no tienen relación con los horizontes superiores. (Arias Jiménez, 2007, p. 30).

4.1.5.6. Horizonte R.

Conformado por el material parental rocoso que es difícil de excavar con herramientas pero puede ser fragmentado con equipos pesados. (UNAD, 2016, p.1).

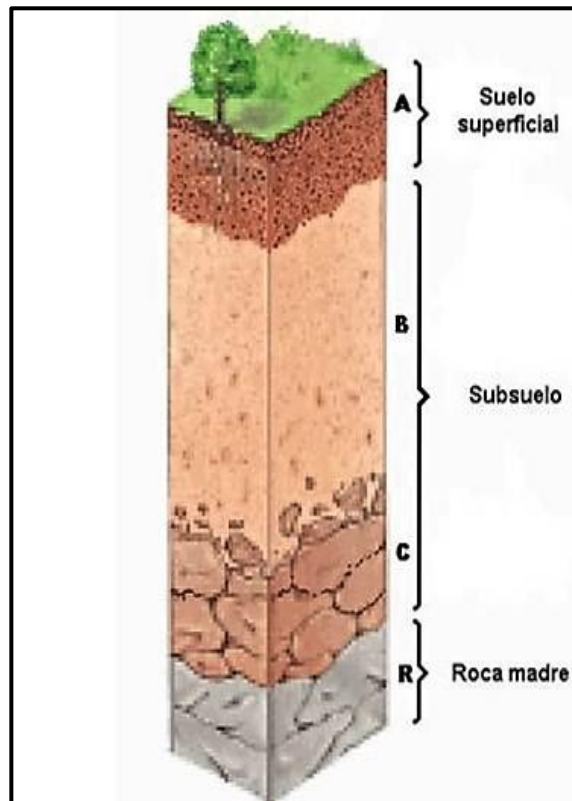


Figura 1. *Horizontes presentes en el suelo.*

Fuente: (Ibero-Rest, 2016).

4.1.6. Composición del suelo.

Está constituido por tres fases como son la fase sólida, fase líquida y fase gaseosa, la distribución porcentual de las tres fases va a depender de algunas condiciones propias como la textura, la densidad y el contenido de materia orgánica, así como del manejo que el hombre le da a través de la labranza y el riego. (UNAD, 2016, p.1.).

4.1.6.1. Fase sólida.

Está constituida por materia orgánica en un 5% y minerales en un 45%, que pueden ser primarios derivados de la roca madre que se han sedimentado y fragmentado para dar origen a materiales más pequeños como las gravas, arenas

y limos. También se encuentra formada por minerales secundarios como las arcillas, los óxidos e hidróxidos de hierro y aluminio. (Dircio, 2016, p.1.).

4.1.6.2. Fase Líquida.

La fase líquida del suelo está constituida por el agua que proviene de la atmósfera (lluvia, nieve, granizo, humedad atmosférica, infiltraciones laterales, capas freáticas etc.) y de las soluciones del suelo como resultado de la alteración de los minerales y de la materia orgánica. El agua interviene tanto en la meteorización física, química y translocación de sustancias como en la fertilidad del suelo. En condiciones ideales el suelo tiene una conformación de 50% para fase sólida, un 25% para fase gaseosa y un 25% para fase líquida constituida por diversos nutrientes que proveen la fertilidad del suelo como son el K, N, P, Ca, Mg. (Zamudio, 2016, p.1.).

4.1.6.3. Fase gaseosa.

Está constituida por el aire que entra al suelo por medio de los poros, compuesto aproximadamente del 78% de N, 21% O y 1% de otros gases, entre los que se destaca el dióxido de carbono como producto metabólico de la respiración del suelo. Esta fase representa el 25% de la composición del suelo. (Duche, 2016, p.1.).

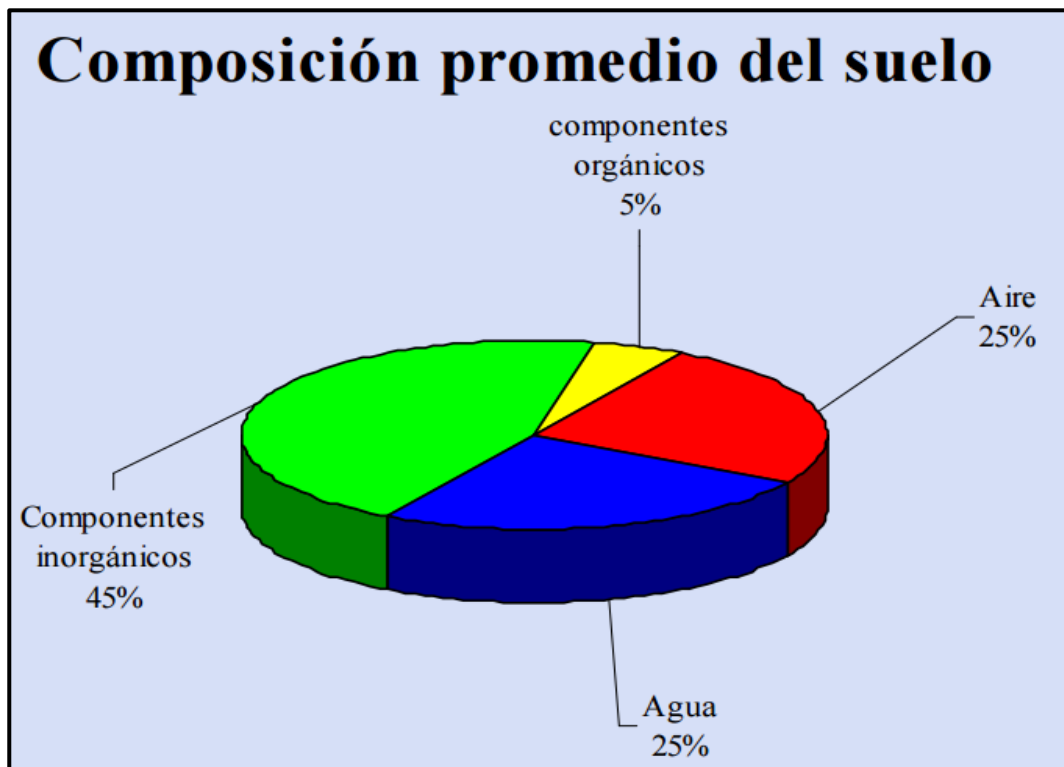


Figura 2. *Composición del suelo.*

Fuente: (Jiménez y Hernández, 2013).

4.1.7. Fertilidad de suelo.

Según Velarde, (2011) En su libro "Preparación del medio de cultivo" donde habla sobre la fertilidad del suelo argumenta lo siguiente:

La fertilidad del suelo es el conjunto de características edafológicas que sumadas a las condiciones climáticas y agronómicas adecuadas permiten obtener los mejores resultados vegetativos y productivos posibles, esta fertilidad está dada por parámetros químicos que aportan nutrientes al suelo, parámetros físicos que permiten la disponibilidad y absorción de nutrientes y la relación entre la fertilidad física y química siendo la materia orgánica la que actúa como un elemento de unión mejorando a ambos (p.22).

4.1.8. Tipos de suelos.

La combinación de tres tipos de partículas procedentes de la roca erosionada como son el limo, la arena y la arcilla dan como resultado 14 tipos de suelos distintos. (Scribd, 2016, sección del nivel de tipos de suelos párr. 4.)

4.1.8.1. Suelo Arenoso.

Este tipo de suelos contiene partículas más grandes que el resto de los suelos, es áspero y seco al tacto porque las partículas que lo componen están muy separadas entre ellas y no mantienen bien el agua, no son los de mejor calidad para la agricultura ya que no retienen los nutrientes, las plantas en suelos arenosos no tienen la oportunidad de aprovechar bien los nutrientes por la velocidad con la que el agua se drena. (Bellver, 2016, p. 1.).

4.1.8.2. Suelo Arcilloso.

Este tipo de suelos está formado por granos finos de color amarillento posee un 45% de arcilla reteniendo demasiado el agua formando charcos. Al mezclarse con humus se obtiene un suelo apto para cultivar, presentan una baja porosidad lo que los hace difícil de trabajarlos. Su textura y viscosidad hace que las raíces de las plantas no tengan una adecuada aireación por lo que se pueden pudrir. (Doménech y Peral, 2006, pp.14-16.).

4.1.8.3. Suelo franco.

Es aquel que está formado por una mezcla de limo, arcilla y arena en proporciones tales que no predominan las características de ninguno de sus componentes (Barioglio, 2006, p. 396). Este tipo de suelo está formado por una

textura media (45% de arena, 40% de limo y 15% de arcilla), presentando las mejores condiciones tanto físicas como químicas, siendo adecuados en términos generales para la práctica de la agricultura debido a su alto contenido de materia orgánica. (Escalone, s.f, pp. 9-17.).

4.1.9. Degradación del suelo.

La degradación del suelo es uno de los problemas más graves del mundo según lo establece el PNUMA, (2003) que se origina principalmente por los procesos de erosión a lo que también se suman los problemas como la acidificación, la pérdida de materia orgánica y la disminución de elementos nutritivos a consecuencia de la contaminación y las malas prácticas productivas (pp. 44, 45). Por otra parte la FAO (20116) establece un punto de vista convencional sobre la degradación del suelo argumentando que se debe al cambio en su salud lo que ocasiona una disminución de la capacidad del ecosistema para producir bienes o prestar servicios para sus beneficiarios (p.1.).

4.1.9.1. Causas de la degradación del suelo.

La degradación del suelo se puede dar por muchos factores que pueden ser de origen natural y antrópico, según Stocking y Mugagan, (2003), argumentan las causas por las cuales se origina la degradación como se describe a continuación:

Cando los procesos de degradación ocurren sin que el hombre interfiera, generalmente se producen a una velocidad que está en equilibrio, lo que permite su restauración natural. Sin embargo la degradación acelerada de la tierra se produce comúnmente como resultado de la intervención humana, las causas principales frecuentemente reconocidas causantes de la degradación del suelo incluyen las actividades de pastoreo excesivo de tierras marginales, la sobre explotación agrícola, la inundación y salinización de las tierras de

regadío, la deforestación y la contaminación por causas industriales. (p. 15,16).

4.1.9.2. Consecuencias de la degradación.

La degradación del suelo tiene efectos negativos para los usuarios, así como para la sociedad siendo sus efectos difíciles de calcular debido a que tienden a extenderse más allá de donde la degradación ha tenido lugar. Lamentablemente esta degradación va a ser sentida fuertemente por las generaciones futuras, afectando el modo en que puedan usar la tierra debido a los impactos como la erosión, pérdida de la fertilidad del suelo, lo que producirá el bajo rendimiento de todo tipo de cultivo ocasionando la ampliación de las fronteras productivas y la disminución de los bosques. (Stocking y Mugagan, 2003, pp.115, 116.).

4.2. Los hidrocarburos.

Según la Sociedad Nacional de Minería Petróleo y Energía (SNMPE, 2015) respecto a los hidrocarburos argumenta lo siguiente:

Los hidrocarburos son compuestos orgánicos que contienen diferentes combinaciones de carbono e hidrógeno, presentándose en la naturaleza como gases, líquidos, grasas y en menor proporción sólidos. El petróleo crudo y el gas natural que son una combinación de diferentes hidrocarburos son sus principales representantes. (p.1).

4.2.1. Clasificación de los hidrocarburos.

Los hidrocarburos son compuestos de carbono e hidrógeno, se los puede clasificar en dos grandes grupos como son alifáticos y aromáticos. Los alifáticos se agrupan en varias familias como son los alcanos que presentan enlaces simples en sus moléculas, los alquenos poseen un doble enlace, en algunos casos un

enlace triple y los alquinos son compuestos más reactivos presentan un triple enlace de carbono-carbono, como los compuestos aromáticos son derivados del benceno caracterizándose por su una inusual estabilidad, que le viene dada por la particular disposición de los dobles enlaces conjugados, reciben este nombre debido a los olores intensos, normalmente agradables, que presentan en su mayoría. En conclusión desde el punto de vista químico los términos alifático y aromático, se asigna a los compuestos orgánicos con propiedades químicas asociadas a la naturaleza respectiva de sus moléculas que a la vez es determinada por su estructura. (Arias, 2006, pp. 23,24.).

4.2.2. Usos de los hidrocarburos.

La importancia de los hidrocarburos radica en el hecho de que son la base de materiales plásticos, lubricantes, pinturas, textiles, medicinas y también funcionan para generar electricidad. No podemos dejar de lado el papel que juegan los hidrocarburos en el desarrollo de la vida cotidiana, ya que es a través de ellos que podemos realizar nuestras actividades día a día. Además constituyen una fuente importante de generación de energía para las industrias, nuestros hogares por lo cual no solo es un combustible, sino que a través de procesos más avanzados se separan sus elementos y se logra su aprovechamiento a través de la industria petroquímica. (Hernández y Ramírez, 2016, p.1.).

Por otra parte Araiza Gómez, (2016) con respecto al uso de los hidrocarburos argumenta lo siguiente:

Los hidrocarburos son los compuestos orgánicos más ampliamente utilizados en la industria y son, literalmente la fuerza motriz de la civilización occidental, siendo una fuente importante de generación de energía, a través de procesos

más avanzados se separan sus elementos y se logra su aprovechamiento como materiales de base para la síntesis de productos químicos orgánicos, la producción de productos de consumo y materiales industriales. Las mayores cantidades de hidrocarburos se utilizan como combustible para la combustión, particularmente en el calentamiento de un motor, entre otros usos. (p.12).

4.2.3. Principales actividades consideradas como fuentes de contaminación por hidrocarburos.

En cuanto a las fuentes de contaminación ocasionada por los hidrocarburos Alonso, (2012) sostiene lo siguiente:

Las gasolineras y talleres automotrices producen contaminantes como el benceno, otros hidrocarburos aromáticos, fenoles e hidrocarburos halogenados. Los depósitos finales de residuos sólidos generan contaminantes como el amonio, salinidad, hidrocarburos halogenados y metales pesados. Por otra parte las industrias metalúrgicas producen contaminantes como el tricloroetileno, tetracloroetileno, otros hidrocarburos halogenados, metales pesados, fenoles y cianuro. Por último están los talleres de pinturas y esmaltes donde se originan contaminantes como el tetracloroetileno, alcalobenceno y otros hidrocarburos halogenados (pp.10, 11).

4.2.4. Los hidrocarburos y su incidencia en los factores ambientales.

Según Mamani, Suárez, y García, (2003) respecto a los efectos de los hidrocarburos sobre el medio ambiente argumenta lo siguiente:

Los hidrocarburos poseen el potencial de contaminación ambiental ya sea por la propia actividad hidrocarburífera natural o por lo trabajos petroleros para el aprovechamiento del recurso no renovable. Esta explotación representa una de las mayores preocupaciones a nivel mundial por el alto impacto destructivo en el ecosistema, originando el cambio desfavorable de las propiedades

físicas, químicas y biológicas del aire, el agua y el suelo, cambios que son perjudiciales para la vida humana, la flora, la fauna.(pp.17,18).

Por otra parte la Organización InspirAction, (2016) respecto a esta problemática expresa lo siguiente:

Según los últimos datos, las malas condiciones ambientales son responsables de 12,6 millones de muertes al año en el planeta, según un informe de la Organización Mundial de la Salud (OMS) presentado el 15 de marzo del 2016. Esto supone que alrededor del 23% de los fallecimientos en el mundo se producen por "vivir o trabajar en ambientes poco saludables", según la OMS. Los factores de riesgo ambientales como la contaminación del aire, el agua, el suelo, la exposición a los productos químicos, el cambio climático y la radiación ultravioleta "contribuyen a más de 100 enfermedades o traumatismos", según lo indica esta organización internacional en su estudio titulado "La prevención de enfermedades a través de entornos saludables" (p.1).

4.2.4.1. Contaminación del Aire.

La contaminación del aire se produce cuando ciertos gases tóxicos entran en contacto con las partículas de la atmósfera, algunos contaminantes perjudican al aire directamente en su estado natural, como los hidrocarburos del cual se derivan gases contaminantes como el óxido de azufre que se origina en las refinerías de petróleo, el monóxido de carbono de las estufas y automóviles, el óxido de nitrógeno que existen en los puntos de energía nuclear así como en vehículos de combustión interna, el dióxido de carbono proveniente de industrias y de la actividad de deforestación. Estos gases causan un fuerte impacto en el ambiente afectado la salud humana sobre todo. (Organización InspirAction, 2016, p.1.).

4.2.4.2. Contaminación del agua.

Los hidrocarburos en el agua se esparcen rápidamente debido a la existencia de una importante diferencia de densidades entre ambos líquidos, llegando a ocupar extensas áreas, y dificultando por lo tanto sus posibilidades de limpieza, la contaminación por hidrocarburos imposibilita la interacción entre la flora y la fauna acuática con la atmósfera, obstruyendo así el ciclo natural de vida. Si las sustancias contaminantes alcanzan la costa, debido a la alta permeabilidad de la arena, los hidrocarburos pueden penetrar hacia el subsuelo contaminando las napas y dejando una contaminación irreparable en los reservorios de agua dulce. (Pérez, 2016, p.1.).

4.2.4.3. Contaminación del suelo.

La presencia en el suelo de hidrocarburos ocasiona perturbaciones fuertes de contaminación al afectar a su estructura los procesos biológicos y químicos. Estas perturbaciones producto de la contaminación tienen efectos directos sobre la biota en general debido a la toxicidad que poseen los compuestos de los hidrocarburos ocasionando un daño al ecosistema y los procesos bioquímicos que se desarrollan. (Zamora, Ramos y Arias, Marianela, 2016, p.1.).

Por otra parte Rodríguez, (2008) expone lo siguiente:

La contaminación del suelo con hidrocarburos es dinámica, los componentes individuales pueden separarse de la mezcla original, así tenemos algunos hidrocarburos como los compuestos orgánicos volátiles (COVs) se evaporan, otros hidrocarburos se silabizan gracias a la polaridad de sus moléculas, algunos compuestos se absorben en la superficie de la fase sólida del suelo por reacciones químicas o fuerzas físicas. Por lo cual los hidrocarburos limitan el transporte y la biodisponibilidad de ciertos microorganismos imposibilitando

que se origine una degradación microbiana, lo que ocasiona que se dé una degradación química. Como resultado de estas transformaciones los hidrocarburos se enriquecen en compuestos pesados más difíciles de degradar. (pp.27, 27).

4.2.5. Contaminación del suelo por hidrocarburos en el Ecuador.

La contaminación del suelo en el Ecuador por las actividades humanas va en aumento, según (Toledo, et al. 2009) afirma que:

La contaminación de los suelo por hidrocarburos en el Ecuador comenzaron en 1965, cuando se descubrió el primer pozo de petróleo, a partir del arranque de la explotación petrolera el Ecuador se ha visto afectado por innumerables focos de contaminación, como son las piscinas de desechos de petróleo en la Amazonía. Por otro lado a esta contaminación también se suma la falta de regulación en actividades relacionadas con la explotación y el uso de los hidrocarburos, su manejo inadecuado ocasionan filtraciones y escurrimientos al medio ambiente generando fuertes afecciones. (pp.34 - 36).

En el contexto de esta contaminación ambiental en el Ecuador Rodríguez, (2008) argumenta lo siguiente:

Antes de 1993, las actividades de explotación y producción de hidrocarburos en el Ecuador principalmente el consorcio Texaco-Gulf, luego CEPE-TEXACO y PETROECUADOR-TEXACO, no tenían regulaciones ambientales. Durante este período estas actividades generaron lo que ahora se identifica como pasivos ambientales. Se registran numerosos derrames, operaciones accidentadas y piscinas para depósitos de residuos. En el nororiente ecuatoriano existen alrededor de 500 piscinas de desechos tóxicos como desechos de petróleo mezclado con agua, productos químicos, lodos de perforación, chatarra entre otros. Esta contaminación afectó a la flora y fauna del lugar, la salud de las poblaciones locales y ha generado conflictos permanentes. (pp. 26, 27).

4.2.6. Aceites Lubricantes.

Son líquidos de gran viscosidad utilizados para la lubricación de una máquina o motor, estos pueden ser de origen animal o vegetal, el más usado en la actualidad es el de origen mineral, estos lubricantes están compuestos por mezclas de hidrocarburos como son las parafinas, hidrocarburos aromáticos, definas, etc., obtenidos por destilación de los crudos del petróleo como producto final de su destilación. Estos aceites se los fabrica para que impidan de manera continua el contacto directo o el rozamiento de las piezas del motor evitando su desgaste (Motor Giga, 2016, p.1.).

4.2.7. Efectos de la contaminación por grasas y aceites lubricantes usados.

Los lubricantes se acumulan en el suelo, representando un peligro para la vida microorgánica y las plantas. Los hidrocarburos que componen el aceite generalmente se adhieren a la superficie del suelo y no se movilizan a través del mismo, si se derrama aceite lubricante usado, algunos hidrocarburos se evaporan al aire rápidamente mientras que otros lo hacen lentamente. Los hidrocarburos que no se evaporan pueden permanecer en el suelo durante mucho tiempo porque no se disuelven en agua y generalmente no se degrada; otros se infiltran contaminando el agua subterránea, escurrirse o ser arrastrado por el agua lluvia y contaminar los cuerpos de agua. Estos lubricantes usados tienen consecuencias negativas para el suelo en la cual se mencionan las siguientes:

- Alteración de las propiedades físicas del suelo (reducción de capacidad de absorción y filtración).
- Influencia al crecimiento de plantas.
- Obstaculizar la acumulación de aguas y sustancias alimenticias.

- Reducción del poder germinativo de semillas.
- Disminución de la calidad del suelo por influencia a la fauna subterránea (bacterias, lombrices etc.).
- Sustracción de oxígeno y sustancias alimenticias por poblaciones de organismos biológicos no propios del suelo. (Trujillo y Suntaxi, 2015, pp.8-10.).

4.2.8. Tipos de lubricantes.

De acuerdo a la composición los lubricantes pueden ser clasificados de la siguiente manera:

4.2.8.1. Lubricantes líquidos.

Pueden ser de origen vegetal o mineral, son empleados en la lubricación hidrodinámica, y son utilizados como lubricantes de perforación, clasificándose en cuatro subgrupos. (Enciclopedia de Clasificaciones, 2016, p.1).

4.2.8.1.1. Aceites de origen vegetal y animal.

Estos aceites se utilizan ampliamente de la alimentación de ello se obtienen aceites como el aceite de lino, de oliva, también son ampliamente utilizados en la industria para la fabricación de jabones, ácidos grasos, pintura, barniz, resina, plásticos y lubricantes. (FAO, 2015, p.1.).

4.2.8.1.2. Aceites minerales.

Un aceite mineral es un derivado líquido del petróleo generalmente nítido, sin color ni olor, se obtiene por destilación de petróleo crudo y desde un punto de vista químico es parecido a la vaselina. Se lo utiliza generalmente para la fabricación de cosméticos, en la industria, la medicina. Etc. (Padial, 2016, p.1.).

4.2.8.1.3. Aceites sintetizados.

Son una combinación de líquidos y aditivos que acentúan ciertas propiedades (anti-desgaste, anti-polución, anti-corrosión, etc.), y son apropiados para los motores más demandantes y de más alto rendimiento así como para condiciones extremas (altas temperaturas, presión alta). Los aceites sintéticos ofrecen desempeño superior en términos de uso y vida ante los aceites minerales. (ELF, 2016, p.1.).

4.2.8.2. Lubricantes semisólidos y sólidos.

Los lubricantes semisólidos suelen denominarse grasas cuya composición puede ser de origen mineral, animal o vegetal, en varias ocasiones se los combina con lubricantes sólidos. Esta clase de lubricantes cuenta con una composición específica, la cual proporciona ciertos beneficios sin que sea necesaria la adición de lubricantes líquidos o semisólidos. (Palma, 2016, pp. 3 – 5.).

4.2.8.3. Composición de los aceites lubricantes sintéticos.

Los Aceites Sintéticos no tienen su origen directo del crudo o petróleo, sino que son creados de Sub-productos petrolíferos combinados en procesos de laboratorio, al ser más larga y compleja su elaboración, resultan más caros que los aceites minerales. Los aceites sintéticos presentan mayores ventajas que el aceite mineral debido al amplio rango de temperatura de operación, mayor resistencia a la oxidación, ahorro de energía, reducido mantenimiento y mayor viscosidad. Jhon (como se citó en Jumbo, 2014, pp. 12,13.).

Tabla 1. *Composición de contaminantes presentes en el aceite usado.*

Composición de contaminantes presentes en el aceite usado	
Contaminante	Concentración (ppm)
Cadmio	1.2
Cromo	1.8
Plomo	220
Zinc	640
Cloro Total	900
PCB's	<2

Fuente: (Martínez et al. 2005).

4.3. Grasas

Las grasas son sólidos o semifluidos resultado de la dispersión de un agente espesante en un líquido lubricante, estas grasas pueden ser sólidas o semifluidas, se identifican como sólidos plásticos con propiedades visco elásticas, contienen del 65 al 95% en peso de aceite lubricante, del 5 al 35% de espesante y del 0 al 10% de aditivos líquidos y sólidos. (Palma, 2016, pp.11.).

Por otra parte Topanta, (2016) respecto a las grasas argumenta lo siguiente:

Las grasas son compuestos orgánicos constituidos principalmente por ácidos grasos de origen animal y vegetal, así como también se originan a partir de los hidrocarburos de petróleo. Algunas de sus características más representativas son baja densidad, poca solubilidad en agua, baja o nula biodegradabilidad. Por ello, si no son controladas se acumulan en el agua formando natas en la superficie del líquido. (p.1).

4.3.1. Principales fuentes de generación grasas y aceites lubricantes usados.

Los lubricantes en general son productos de uso masivo por el sector industrial y del transporte. Los puntos de generación, así como los actores involucrados son muy diversos, destacándose en orden de relevancia por el volumen de generación, las estaciones de servicio y talleres de mantenimiento de vehículos, seguidos por las plantas industriales; un menor porcentaje es generado por el recambio de aceites realizado por el propio usuario. La generación de los aceites usado se da principalmente por el parque automotriz y la industria, a lo que también se suma su mala gestión, utilización y disposición provocando impactos ambientales sobre los recursos naturales y su biodiversidad. (Trujillo y Suntaxi, 2009, p.13.).

Con respecto a las fuentes generadoras de grasas y aceites lubricantes usados Guevara, (2012) expone lo siguiente:

Se estima que el parque automotriz genera alrededor del 65% del total de aceite lubricante usado, mientras que el restante 35% es generado por la industria. En la gestión y manejo de los aceites usados, se estima que el 50% de aceites se pierde durante la combustión y evaporación, algunos de estos residuos quedan en los tanques de almacenamiento que se vierten al medio por derrames y fugas en la maquinaria industrial (p. 38).

4.3.2. Efectos de las grasas y aceites lubricantes usados en la salud humana.

Entre los efectos que pueden tener sobre la salud humana se destacan los siguientes:

- Irritaciones del tejido respiratorio por la presencia de gases que contienen aldehídos, cetonas, compuestos aromáticos, etc.

- La presencia de elementos químicos como Cl, NO₂, SH₂, Sb, Cr, Ni, Cd, Cu, afecta a las vías respiratorias superiores y los tejidos pulmonares.
- Producción de efectos asfixiantes, impidiendo el transporte de oxígeno, por contener monóxido de carbono, disolventes halogenados, ácido sulfhídrico, etc.
- Efectos cancerígenos sobre próstata y pulmón por presencia de metales como plomo, cadmio, manganeso, etc.

Estos lubricantes usados contienen metales pesados y otras sustancias tóxicas como los denominados PASHs (hidrocarburos aromáticos policíclicos) de los que se han demostrado su carácter cancerígeno y mutagénico. (Trujillo y Suntaxi , 2009, pp. 15,16.).

4.3.3. Beneficios de la recolección de aceites lubricantes usados.

La adecuada recolección de los aceites lubricantes usados es muy importante debido a su alto grado de toxicidad tanto al ambiente como a las seres vivos en general. La Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (ETAPA EP, 2016) con respecto a la recolección de aceites lubricantes usados argumenta lo siguiente:

La recolección de los aceites usados ayuda a prevenir la contaminación del suelo donde el aceite afecta la biota (micro-orgánica) del suelo, además elimina el oxígeno del suelo alterando la germinación de las plantas, en cuanto al agua una gota de aceite usado proveniente del cambio aceite de un vehículo, contamina mil litros de agua, volviéndola inservible para el consumo humano, agua que podría satisfacer las necesidades de consumo de cinco personas durante un día, por lo cual es sumamente necesario saber cuáles son los beneficios de la recolección de aceites usados como son:

- Eliminación de un residuo altamente contaminante del agua.

- Reutilización del agua depurada.
- Abaratamiento en la depuración de aguas residuales.
- Reducción en la degradación y obstrucción de los sistemas de saneamiento.
- Disminución de la probabilidad de proliferación de microorganismos dañinos para la salud.
- Reducción de la dependencia energética con el exterior. (p.1.).

4.3.4. Situación del Ecuador con respecto a las grasas y aceites lubricantes usados.

De acuerdo con la información analizada, en el Ecuador no se producen bases de aceites lubricantes, estas son importadas en su mayoría desde países industrializados o que cuentan con refinerías para abastecer la demanda. Según las estadísticas oficiales de importación del Banco Central del Ecuador, anualmente se importan al país, aproximadamente 63,497 ton/año de bases para la formulación de aceites lubricantes o 56.273.360 litros/año. (Vázquez, 2013, pp. 36-38.).

4.3.5. Contaminación del suelo producido por las actividades de las lavadoras y lubricadoras.

En cuanto a la contaminación que se produce como resultados de las actividades de las lavadoras y lubricadoras el Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, (2008) en su Guía de prácticas ambientales argumenta lo siguiente:

Los problemas ambientales generados por parte de este sector, se enmarcan en la contaminación atmosférica por gases de combustión, emisiones de proceso, emisión de ruido, contaminación del recurso agua, por las descargas residuales no domésticas, contaminación del suelo especialmente por la generación y mal manejo de residuos. Estos problemas se agravan por el escaso conocimiento que existe sobre la legislación ambiental, y por ser un

sector fluctuante que funciona en su mayor parte con la infraestructura mínima y en condiciones de arrendatario. (pp.18 -19).

4.4. Técnicas utilizadas para restaurar suelos contaminados por derivados de hidrocarburos

Existen varias técnicas que pueden ser utilizadas para la remediación del suelo, esta técnicas deben ser utilizadas de acuerdo al tipo de contaminante, su concentración, el medio al que se encuentra contaminado, entre otros aspectos. Entre estas técnicas tenemos las que describen a continuación.

4.4.1. Solidificación o estabilización.

Esta técnica se encarga de inmovilizar el contaminante reduciendo la generación de lixiviados, siendo muy útil para tratar residuos altamente tóxicos como en el caso de los compuestos inorgánicos como el cloruro de sodio, el amoníaco, el anhídrido carbónico entre otros. (Toledo, et al. 2009, pp. 42, 43.).

4.4.2. Extracción con solventes.

Esta técnica consiste en usar un solvente (un líquido capaz de disolver otra sustancia) para separar o retirar contaminantes orgánicos peligrosos de fangos residuales, sedimentos o tierra. La extracción con solventes no destruye los contaminantes, sino que los concentra para que sea más fácil reciclarlos o destruirlos con otra técnica. Entre los solventes que comúnmente se utilizan está el Butano, Propano, Acetona, entre otros. (Agencia de Protección del Medio Ambiente EPA, 2016, p.1.).

4.4.3. Enjuague de suelos.

Es una técnica in situ que consiste en la inyección (mediante pozos, zanjas, sistemas de aspersion o sistemas de infiltración) de una disolución de enjuague que ayude a movilizar los contaminantes para su posterior bombeo a la superficie mediante pozos de extracción. La solución extraída se trata en superficie y el efluente limpio proveniente de este tratamiento se puede reciclar como nueva disolución de enjuague. (Ingeniería Civil y de Medio Ambiente, 2016, p.1.).

4.4.4. Inyección de aire.

Técnica in situ que se aplica a la zona saturada y a la zona de succión capilar y es complementaria a la extracción de vapores. Consiste en la introducción de aire por debajo del nivel freático a través de canales excavados verticales u horizontales, el aire inyectado hace burbujear la zona saturada y se desplaza el equilibrio vapor-líquido, volatilizándose los COV más insolubles. (Ingeniería Civil y de Medio Ambiente, 2016, p.1.).

4.4.5. Biorremediación.

Consiste en usar microorganismos (hongos y bacterias) para acelerar la tasa de degradación natural de los contaminantes o degradarlas en sustancias menos tóxicas o no tóxicas obteniendo un suelo útil para la agricultura. Al disminuir la contaminación los microorganismos van reduciendo su población hasta llegar a desaparecer. (Toledo, et al. 2009, pp. 56, 57.).

4.4.6. Fitorremediación.

La Fitorremediación es una ecotecnología, basada en la capacidad de algunas plantas para tolerar, absorber, acumular y degradar compuestos contaminantes, esta técnica en la actualidad está siendo aplicada en diversos países para recuperar suelos contaminados tanto con compuestos orgánicos como inorgánicos. Frente a las tradicionales técnicas físico-químicas, la fitorremediación presenta diversas ventajas entre las que se puede destacar su menor costo económico, su aproximación más respetuosa con los procesos ecológicos del ecosistema edáfico, y el hecho de ser una tecnología social, estética y ambientalmente más aceptada. (Garbisu, Epelde, y Becerril, 2016, p.1.).

4.4.7. Importancia de la fitorremediación.

La fitorremediación, es una tecnología que consiste en el uso de sistemas biológicos naturales o mejorados genéticamente para degradar, transformar o eliminar sustancias peligrosas orgánicas e inorgánicas presentes en el suelo, agua y aire. La aplicación de esta técnica así como de las tecnologías de remediación permitirá que las concentraciones de los contaminantes estén por debajo de los límites máximos permisibles estipulados en la normativa ambiental vigente y regulado por las agencias de control del medio ambiente. (EcuRed, 2015, p. 1.).

4.4.8. Cómo funciona la técnica de la fitorremediación.

Según Barawi y García, (2016) respecto al funcionamiento de la técnica de fitorremediación mencionan lo siguiente:

Las plantas que se utilizan en el tratamiento de fitorremediación absorben el contaminante para metabolizarlo o almacenarlo, reduciendo o evitando la

liberación del contaminante al medio. Con frecuencia los compuestos orgánicos (hidrocarburos y derivados) pueden ser degradados y metabolizado para el crecimiento de la planta, en el caso de los contaminantes inorgánicos (metales pesados) únicamente pueden ser adsorbidos y acumulados en cualquier parte de la planta (p.3).

4.4.9. Métodos de Fitorremediación.

Existen varios métodos de fitorremediación aplicables a suelos contaminados con compuestos orgánicos e inorgánicos. Entre estos métodos tenemos los siguientes:

4.4.9.1. Fitoestabilización.

La fitoestabilización se basa en el uso de plantas tolerantes a metales para inmovilizarlos a través de su absorción y acumulación en las raíces o precipitación en la rizosfera, disminuyendo su movilidad y biodisponibilidad para otras plantas o microorganismos en suelos donde la gran cantidad de contaminantes imposibilita la fitoextracción. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, (INTA, 2016, p.1.).

4.4.9.2. Fitodegradación.

La fitodegradación y rizodegradación se refieren a la degradación de contaminantes orgánicos a través de las enzimas de las plantas, o por la acción de microorganismos rizosféricos que se asocian a la raíz de las plantas como las bacterias, hongos, actinomicetes y cianobacterias. (Universidad de Arizona, 2016, p.1.).

4.4.9.3. Fitorrestauración.

Esta técnica consiste en la reforestación de áreas contaminadas con especies resistentes al contaminante, de rápido crecimiento y que prevengan la migración de partículas contaminantes así como la erosión de los suelos. (Ingeniería Civil y de Medio Ambiente, 2016, p.1).

4.4.9.4. Fitoextracción.

También denominada fitoacumulación, consiste en la captación por las raíces de los contaminantes y su acumulación en los tejidos de las plantas, seguida por la recolección de las mismas. Funciona fundamentalmente con metales pesados y otros elementos tóxicos o radiactivos, pero también con algunos contaminantes orgánicos, la absorción del contaminante es selectiva. (Ingeniería Civil y de Medio Ambiente, 2016, p.1.).

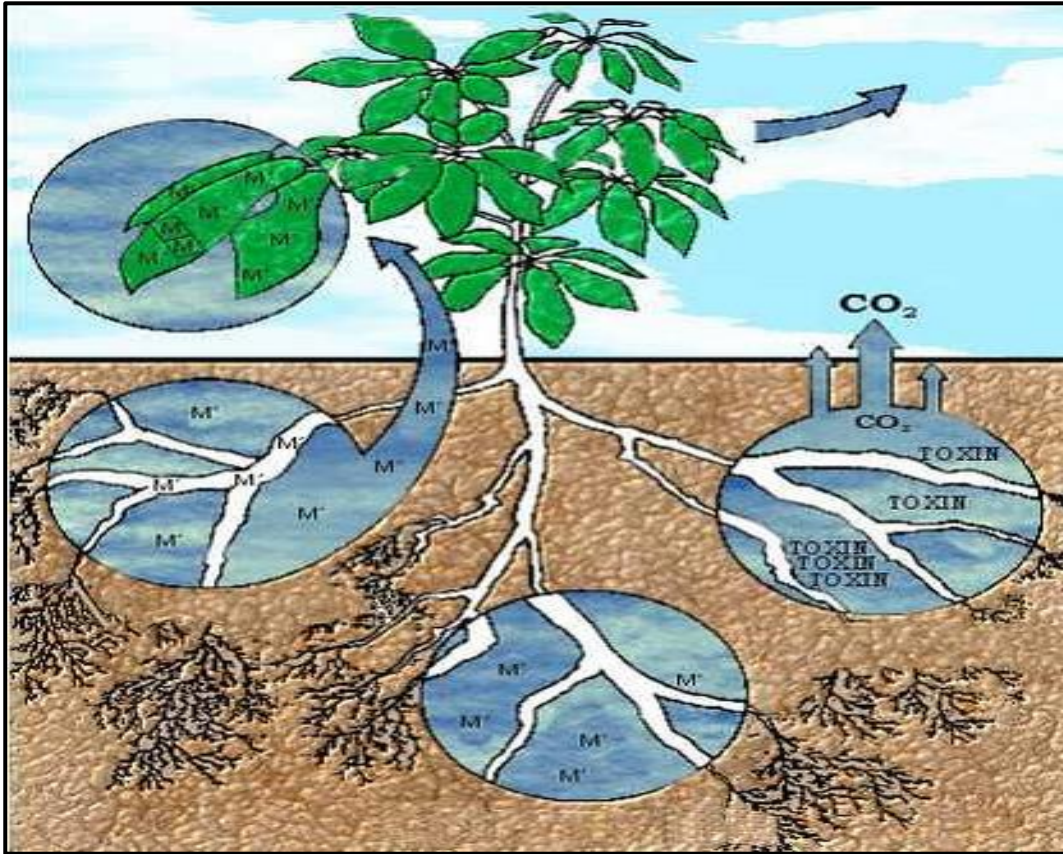


Figura 3. Técnica de Fitorremediación donde se utilizan las diferentes partes de la planta para absorber el contaminante.

Fuente: (Flickr, 2015).

4.4.10. Utilización.

La fitorremediación es una tecnología disponible comercialmente aunque los progresos en el campo están limitados por falta de conocimientos sobre las interacciones entre la rizosfera y los mecanismos de las plantas que permiten la translocación del contaminante para su acumulación. Las comunidades bacterianas asociadas a las raíces de las plantas hiperacumuladoras de los contaminantes desempeñan una función muy importante en el proceso de extracción del contaminante contenido en el suelo. Es por ello que la fitorremediación demanda del estudio de las comunidades microbianas

relacionadas con estas plantas y de las interacciones que los microorganismos establecen con estas. (EcuRed, 2015, p.1.).

4.4.11. Ventajas.

Según Delgadillo, González, Prieto, Villagómez, y Acevedo, (2011), respecto a las ventajas de la fitorremediación argumenta lo siguiente:

La fitorremediación aprovecha la capacidad de ciertas plantas para absorber, acumular, metabolizar, volatilizar o estabilizar contaminantes presentes en el suelo, aire, agua o sedimentos, estas fitotecnologías ofrecen numerosas ventajas en relación con los métodos físico-químicos que se usan en la actualidad, por ejemplo, su amplia aplicabilidad y bajo costo. También se debe tener en cuenta que son especialmente útiles para su aplicación en grandes superficies y deben considerarse para procesos de recuperación a largo plazo. (pp.12 - 13).

De esta manera exponen las principales ventajas que presenta la técnica de la Fitorremediación.

- Se puede realizar in situ y ex situ.
- Se realiza sin necesidad de transportar el sustrato contaminado, con lo que se disminuye la diseminación de contaminantes a través del aire o del agua.
- Es una tecnología sustentable.
- Es eficiente tanto para contaminantes orgánicos como inorgánicos.
- Es de bajo costo.
- No requiere personal especializado para su manejo.
- No requiere consumo de energía.
- Sólo requiere de prácticas agronómicas convencionales.
- Es poco perjudicial para el ambiente.
- Actúa positivamente sobre el suelo, mejorando sus propiedades físicas y químicas, debido a la formación de una cubierta vegetal.

- Tiene una alta probabilidad de ser aceptada por el público, ya que es estéticamente agradable.
- Evita la excavación y el tráfico pesado.
- Se puede emplear en agua, suelo, aire y sedimentos.
- Permite el reciclado de recursos como agua, biomasa, metales. (pp.604, 605.).

4.4.12. Desventajas.

Dentro de las desventajas que posee la técnica de la Fitorremediación Núñez, Vong, Ortega, y Olgún, (2004), respecto a la técnica de la Fitorremediación argumentan lo siguiente: “La fitorremediación representa una tecnología alternativa, sustentable y de bajo costo para la restauración de ambientes y efluentes contaminados, pero como técnica de remediación presenta desventajas que influyen el proceso de descontaminación de una determinada área.”

Por lo cual en base a este argumento se han expuesto las siguientes desventajas que presenta la técnica de la Fitorremediación.

- 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. (pp.70-71.).

4.4.13. Fases de Fitorremediación en una planta.

Una planta fitorremediadora realiza cualquier método de fitorremediación siempre y cuando realice tres fases: absorción, excreción y desintoxicación de contaminantes.

La absorción de contaminantes se realiza a través de las raíces y las hojas mediante los estomas y la cutícula de la epidermis, esta absorción ocurre en la rizodermis (parte que recubre la superficie de la raíz), de las raíces jóvenes, que absorben los compuestos por ósmosis dependiendo de factores externos como la temperatura y el pH del suelo. También se da la penetración del contaminante con su peso molecular, el mismo que determina las moléculas que atraviesan las membranas celulares de la planta. Después de cruzar la membrana, los contaminantes son distribuidos a través de toda la planta. Los contaminantes que se absorben por las raíces, se excretan vía hojas (fitovolatilización). Cuando las concentraciones de los contaminantes son elevadas, solo pequeñas fracciones (menos del 5 %) se excretan sin cambios en su estructura química. En cuanto a la desintoxicación, esta se lleva a cabo por la vía de la mineralización por medio del dióxido de carbono. Harvey (como se citó en Martínez, *et al.* 2005, p.4).

4.4.14. Criterios para identificar especies vegetales útiles para a Fitorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos.

Para realizar una remediación de suelos contaminados con hidrocarburos es necesario realizar un tratamiento con plantas con altas capacidades de biotransformación e hiperacumuladoras de contaminantes orgánicos recalcitrantes (de lenta degradación), que presentan requisitos adicionales como poseer un

crecimiento rápido, alta biomasa, raíces profundas, ser un vegetal poco aceptable para los herbívoros, poseer una gran capacidad de retención y contar con las capacidades ecológicas amplias para adaptarse al medio en condiciones contaminadas. Se debe elegir plantas cosmopolitas, vigorosas con capacidades agronómicas bien conocidas y adicionalmente conocer las características bioquímicas necesarias para realizar ingeniería genética. Saad (como se citó en Bárcenas, 2012, p.27.).

Por otra parte EPA, (2001), en su publicación “Factores técnicos para los sistemas fitorremediación”, argumenta que la selección de una planta con capacidades fitorremediadoras se puede determinar luego de conocer las condiciones específicas del sitio contaminado, estas especies pueden seleccionarse de las ya existentes en el sitio contaminado y evaluar su capacidad de fitorremediación.

Finalmente localizadas las plantas prometedoras, el siguiente reto es aprender a cultivarlas, aunque la mayoría de los estudios de fitorremediación realizados con especies nativas se utilizan plantas recolectadas en el campo, por lo cual es necesario cultivarlas. Saad (como se citó en Bárcenas, 2012, p.28).

Según (Mulas, 2016), en su trabajo denominado “Fitorremediación de suelos”, argumenta los siguientes criterios para la selección de plantas a utilizarse en la fitorremediación. Estas plantas deben reunir las siguientes características.

- Tolerancia elevada
- Acumuladora, preferiblemente en partes aéreas (tallo, hojas)
- Crecimiento rápido y biomasa efectiva en acumulación
- Fácil de recolectar

En base a estos criterios de selección, el autor argumenta lo siguiente:

Es fácil encontrar poblaciones de plantas tolerantes o hiperacumuladoras en lugares naturalmente ricos en metales, se conocen casos de especies que presentan poblaciones acumuladoras en ciertos lugares pero carecen de la tolerancia, por lo cual las plantas que suelen ser hiperacumuladoras son por lo general de crecimiento lento con una alta producción de biomasa, en cambio las plantas que no poseen un la característica de hiperacumuladoras son de buen crecimiento sin embargo son poco acumuladoras y de baja tolerancia a metales. Por lo cual se concluye que es difícil encontrar plantas ideales para ser aplicadas en la técnica de fitorremediación. (pp.1-51.).

4.4.15. Anomalías que presentan las plantas expuestas a la contaminación.

Las plantas son susceptibles a padecer múltiples enfermedades debido a la falta de nutrientes, la alteración del PH del suelo y su exposición a la contaminación. Se conoce que pocas plantas pueden resistir a la contaminación pero a pesar de esa resistencia padecen enfermedades asociadas como la clorosis y la necrosis. (Chew, 2016, p.1.).

4.4.15.1. Clorosis.

Es el amarillamiento o decoloración del tejido de las hojas debido a la carencia de clorofila, debido principalmente a la deficiencia de hierro muy necesario para las plantas. Generalmente la clorosis comienza con la palidez (un color verde claro) del tejido entre las venas de las hojas, mientras que un color amarillo indica una condición más seria, en algunos casos solamente una parte de la planta se torna clorótica. Las hojas cloróticas son más propensas a morir o a ser afectadas por enfermedades, cuando la planta presenta clorosis severa las hojas se pondrán también de color amarillo, luego puede seguir la muerte de las hojas, después las

ramas afectadas pueden deteriorarse, y finalmente puede ocurrir la muerte de la planta entera. (Ecu Red, 2016, p.1.).



Fotografía 1. *Hojas con clorosis.*

Fuente: (Clorosis, 2016)

4.4.15.2. Necrosis.

Es la muerte patológica de un conjunto de células o de cualquier tejido, provocada por un agente nocivo que causa una lesión tan grave que no se puede reparar o curar. Cuando un agente interno o externo altera la fisionomía de las células sobrepasando los límites de resistencia surge la lesión celular que puede ser reversible o irreversible. Las causas de la lesión pueden ser las siguientes: sustancias químicas, agentes infecciosos, variaciones térmicas y exposición a la contaminación. (Chew, 2016, p.1.).



Fotografía 2. *Planta con necrosis.*

Fuente: (ASAGIR, 2016)

4.5. Marco Legal Favorable

4.5.1. Constitución del Ecuador.

En el Ecuador existen normativas ambientales que tienen como finalidad regular las actividades que ocasionen impactos en el medio ambiente, y establecer los mecanismos necesarios para la recuperación de los recursos ambientales comprometidos. Con la aplicación de las normativas ambientales vigentes la constitución del Ecuador garantiza que sus habitantes vivan en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado en armonía con el medio ambiente para lo cual establece lo siguiente:

Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak*

kawsay. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados. (Asamblea Constituyente del Ecuador, 2008,p.1.).

Art. 71.- La naturaleza o Pacha Mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos.

Toda persona, comunidad, pueblo o nacionalidad podrá exigir a la autoridad pública el cumplimiento de los derechos de la naturaleza. (Asamblea Constituyente del Ecuador, 2008,p.52.).

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

En áreas afectadas por procesos de degradación y desertificación, el Estado desarrollará y estimulará proyectos de forestación, reforestación y revegetación que eviten el monocultivo y utilicen, de manera preferente, especies nativas y adaptadas a la zona. (Asamblea Constituyente del Ecuador, 2008, p.181.).

4.5.2. Ley de prevención y control de la contaminación ambiental.

Capítulo III de la prevención y control de la contaminación de los suelos

Art. 10.- Queda prohibido descargar, sin sujetarse a las correspondientes normas técnicas y regulaciones, cualquier tipo de contaminantes que puedan

alterar la calidad del suelo y afectar a la salud humana, la flora, la fauna, los recursos naturales. (Asamblea Constituyente del Ecuador, 2004, p. 3).

Art. 11.- Para los efectos de esta Ley, serán consideradas como fuentes potenciales de contaminación, las sustancias radioactivas y los desechos sólidos, líquidos o gaseosos de procedencia industrial, agropecuaria, municipal o doméstica. (Asamblea Constituyente del Ecuador, 2004, p. 3).

4.5.3. Acuerdo Ministerial 097.

De la misma manera el Acuerdo Ministerial 097 expedido en noviembre del 2015 mediante el cual se reforma el libro IX del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente. Este Acuerdo Ministerial 097, establece los procedimientos y regulaciones de las actividades además de establecer las responsabilidades públicas y privadas en materia de calidad ambiental contempladas en el Anexo 2 del libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, en la sección correspondiente a la Norma de Calidad Ambiental del Recurso Suelo y Criterios de Remediación para Suelos Contaminados.

La presente norma se aplica para los siguientes usos del suelo: agrícola, pecuario, forestal, urbano, minero, recreativo, de conservación, industrial y comercial. Para la prevención y control de la contaminación se establecen los siguientes criterios:

Prevenir y reducir la generación de residuos sólidos municipales, industriales, comerciales y de servicios, incorporando técnicas apropiadas y procedimientos para su minimización, reúso y reciclaje. Aquellos suelos que presenten

contaminación, deberán llevarse a cabo las acciones necesarias para recuperarlos, restaurarlos o restablecer las condiciones iniciales existentes anteriormente a la obra o actividad. (Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE) , 2015, p 30.).

Prevención de la contaminación al recurso suelo.

La prevención de la contaminación del recurso suelo se fundamenta en las buenas prácticas de manejo e ingeniería aplicadas a cada uno de los procesos productivos. Se evitará trasladar el problema de contaminación de los recursos agua y aire hacia el recurso suelo o viceversa. (MAE, 2015, p.30.).

De las Actividades que Degradan la Calidad del Suelo.

Los talleres mecánicos y lubricadoras, así como estaciones de servicio o cualquier otra actividad industrial, comercial o de servicio que dentro de sus operaciones maneje y utilice hidrocarburos o sus derivados, deberá realizar sus actividades en áreas pavimentadas e impermeabilizadas y por ningún motivo deberán verter los residuos aceitosos o disponer sobre el suelo los recipientes, piezas o partes que hayan estado en contacto con estas sustancias y deberán ser eliminados mediante los métodos establecidos en las Normas Técnicas y Reglamentos Ambientales aplicables y vigentes en el país. Los aceites minerales usados y los hidrocarburos desechados serán considerados sustancias peligrosas y nunca podrán ser dispuestos directamente sobre el recurso suelo, tal como lo establece la normativa ambiental vigente. (MAE, 2015, p.31.).

Suelos contaminados.

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. (MAE, 2015, p.31.).

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, p.32.).

De los métodos analíticos.

Los análisis físicos, químicos y microbiológicos requeridos, deben ser realizados por laboratorios acreditados por el Servicio de Acreditación Ecuatoriano o el que lo reemplace, y siguiendo las metodologías estipuladas y validadas para cada caso. Los parámetros requeridos por la presente norma serán determinados en base seca de muestras de suelo. (MAE, 2015, p.34.).

Remediación de suelos.

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. (MAE, 2015, p.34.).

Se utilizará la Tabla 2 para establecer los límites para la remediación de suelos contaminados de la presente norma y/o de la normativa sectorial correspondiente. (MAE, 2015, p.34).

Tabla 2. *Criterios de remediación (valores máximos permisibles).*

Parámetro	*Unidades	USO DEL SUELO			
		Residencial	Comercial	Industria	Agrícola
Parámetros Generales					
Conductividad	uS/cm	200	400	400	200
Ph	-	6a8	6a8	6a8	6a8
Parámetros inorgánicos					
Plomo	mg/kg	140	150	150	60
Parámetros orgánicos					
Aceites y grasas	mg/kg	500	<2500	<4000	<4000
Hidrocarburos totales (TPH)	mg/kg	230	620	620	150

Fuente: (Ministerio del Ambiente, 2015).

4.6. Estudios Realizados

Se ha considerado necesario establecer estudios similares a la presente investigación para recalcar la importancia de la utilización de especies vegetales a través de la técnica de la fitorremediación para la restauración de suelos contaminados por derivados de hidrocarburos.

Yáñez y Bárcenas, (2016) en su estudio experimental realizado en el sector de Baeza- El Chaco, denominado “**DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE TOLERANCIA A HIDROCARBUROS Y POTENCIAL DE FITORREMEDIACIÓN**”

DE CUATRO ESPECIES VEGETALES DEL SECTOR BAEZA-EL CHACO, ECUADOR”

Durante el desarrollo experimental se evaluaron los niveles de tolerancia y el potencial fitorremediador de cuatro especies vegetales como son

1. *Ludwigia peruviana*. L
2. *Mimosa polydactyla*. H
3. *Tessaria integrifolia*. R
4. *Verbena litoralis*. K

Estas especies vegetales fueron sometidas al 3 y 6 % de contaminación por hidrocarburos, durante la fase experimental se empleó una muestra de 20 plantas por tratamiento obteniendo los siguientes resultados.

Ludwigia peruviana presentó un 90 % de prendimiento al mes de ser trasplantadas, en cuanto a su crecimiento este se dio de manera similar en sus 6 repeticiones con y sin fertilizante por lo cual no existió diferencias significativas en la altura de la planta, se presentaron síntomas como el amarillamiento de las hojas (clorosis), así como también enrollamiento foliar, puntas quemadas y hojas secas (necrosis), no existió mortalidad de las plantas. Esta especie no presentó ninguna actividad fitorremediadora.

La especie vegetal *Mimosa polydactyla* presenta un 80 % de prendimiento, en cuanto a su crecimiento este fue similar en todas sus repeticiones por lo cual no existieron diferencias significativas, presentaron síntomas referentes a la clorosis y

necrosis, se registró la mortalidad de 7 plantas. Estas plantas no mostraron actividad fitorremediadora.

Tessaria integrifolia presenta un 80 % de prendimiento, el crecimiento de las plantas en sus 6 repeticiones fue similar, presentaron anomalías como la clorosis y necrosis, la mortalidad se dio en 4 plantas. En cuanto a la degradación del contaminante esta especie vegetal presentó un tasa de degradación establecida entre un rango del 14.4 % al 21.3 %, en suelo sometidos a una concentración del contaminante del 3 %.

Verbena litoralis presentó un 75 % de prendimiento, en cuanto al crecimiento de la plantas sometidas a la contaminación no existió diferencias significativas, presentaron anomalías como la clorosis y necrosis, se registró la mortalidad de 2 plantas. Esta especie presentó una tasa de degradación del contaminante establecida entre un rango del 13.2 % al 17.4 %, en suelo sometidos a una concentración del contaminante del 3 %. (pp. 56 - 76.).

En base al trabajo realizado por Yáñez y Bárcenas, (2016) se puede concluir que el potencial de fitorremediación de las especies estudiadas se confirmó solo en dos de las cuatro analizadas (*Tessaria integrifolia* y *Verbena litoralis*), sometidas a bajas concentraciones del contaminante 3 %. (p.78.).

Por otra parte un estudio realizado en las estaciones de servicios de Risaralda-Colombia denominado **“EVALUACIÓN DE LA FITORREMEDIAÇÃO COMO ALTERNATIVA DE TRATAMIENTO DE SEDIMENTOS CONTAMINADOS CON HIDROCARBUROS PROCEDENTES DE LAS ESTACIONES DE SERVICIO EN RISARALDA”**.

Esta investigación se realizó en dos fases, la primera fase consistió en realizar un análisis de tolerancia de las plantas al HTC. Para lo cual se trabajó con las siguientes especies vegetales.

1. *Phragmites australis*. C
2. *Typha latifolia*
3. *Cyperus papyrus*. L

El crecimiento de las plantas fue similar durante el tratamiento, por lo cual no se presentaron diferencias significativas correspondientes a la altura en general de las plantas. De igual manera no presentaron cambios en la apariencia de las plantas por lo que la presencia de anomalías con la clorosis y necrosis no se dio en estas especies. Esta fase tuvo una duración de 3 meses en la cual se identificó a la especie *Phragmites australis* (Carrizo) como la más tolerante a la contaminación de HTP y *Typha latifolia* (Junco) quien presentó una buena adaptabilidad al contaminante.

En la segunda fase que consistió en evaluar la remoción de HTP con las dos especies seleccionadas, para lo cual se implementó reactores no plantados para determinar las diferencias en la remoción del contaminante. Los reactores no plantados muestran las mayores eficiencias con remociones del HTP entre el 42 y 54 %, mientras que los reactores plantados y con adición de nutrientes lograron eficiencias entre el 21 y 37 %, por lo cual la presencia de plantas no incide de manera significativa en la remoción de HTP, como lo expresa el autor a continuación.

Al contrastar las eficiencias obtenidas en los blancos (42 y 46 %) y los reactores plantados (43 y 52 %), se puede concluir que la presencia de plantas no incide de manera significativa en la remoción de HTP.

No existen diferencias significativas estadísticamente entre el uso de plantas y la aplicación de nutrientes en la fitorremediación de sedimentos provenientes de estaciones de servicio contaminados con HTP.

A pesar de que las plantas no inciden en la remoción del contaminante se presentó un porcentaje de remoción con la aplicación de nutrientes en la especie *Phragmites australis*. C, del 37,96 % y la especie *Typha latifolia* del 23,12 %. (Pulgarin, 2012, pp. 10-59.).

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Materiales

Para el desarrollo de la presente investigación se han utilizados los materiales y herramientas que se describen a continuación.

5.1.1. De campo.

- Machete.
- Barreta.
- Pala pequeña.
- Cinta métrica.
- Plástico transparente.
- Clavos de Clavos de 2".
- Guaduas de 3 m.
- Listones de 1,50 m.
- Martillo.
- Serrucho.
- 6 metros de manguera.
- Guantes de trabajo.
- Guantes quirúrgicos.
- 2 Frascos de plástico de 500 mg.
- Etiquetas.
- Cadena de custodia.
- Hojas de campo.
- GPS.
- Papel periódico.
- Lupa.

5.1.2. De oficina.

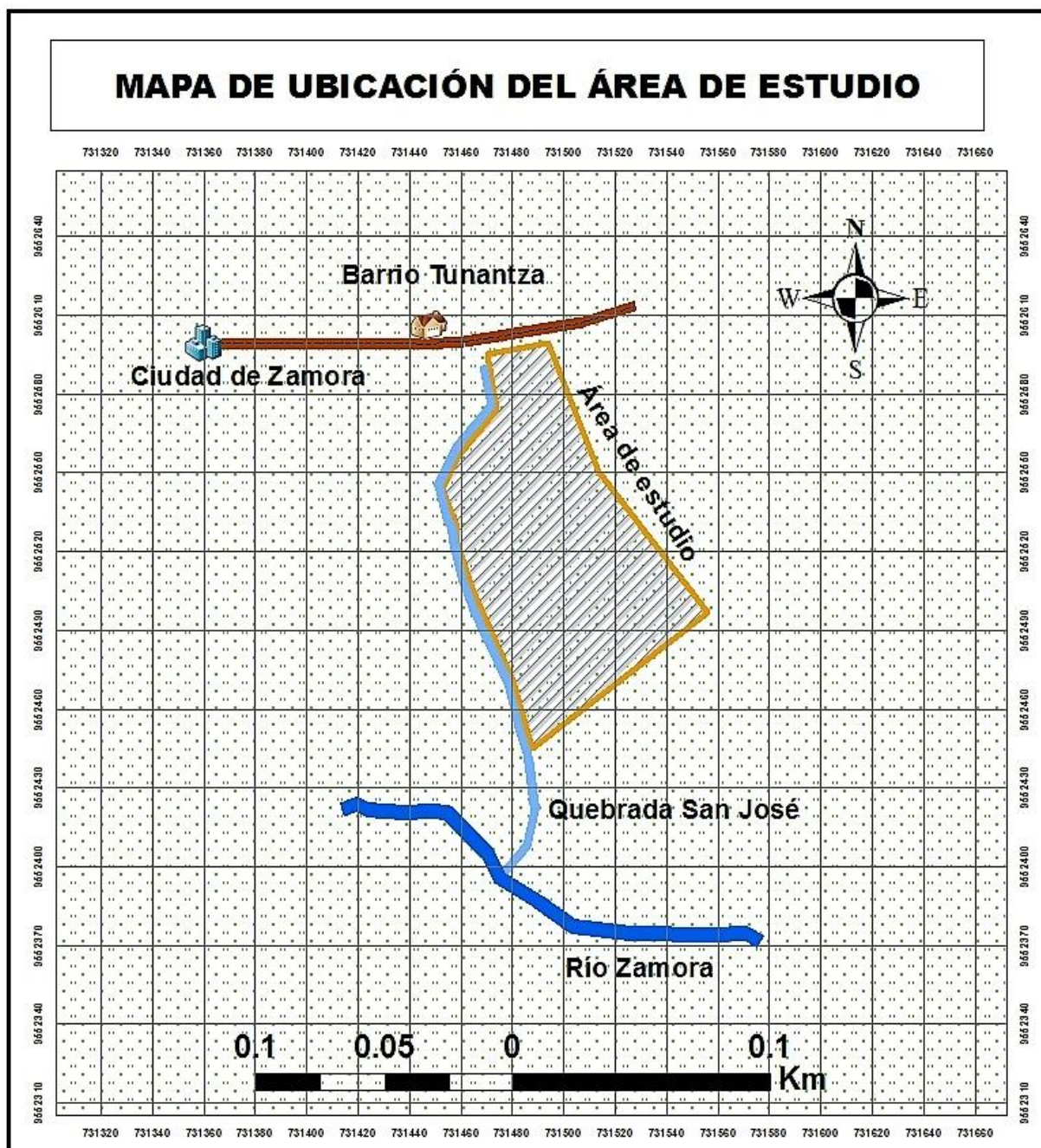
- Bolígrafo.

- Hojas.
- Hojas de papel bond A4.
- Computadora.
- Internet.

5.2. Métodos

5.2.1. Ubicación política y geográfica del área de estudio.

El área de estudio se encuentra ubicado en el terreno aldaño a la lavadora y lubricadora Marifer, en la Provincia de Zamora Chinchipe, Cantón Zamora, Parroquia Zamora, en el sector Tunantza, frente a la Troncal Amazónica a 20 minutos de la cabecera cantonal.



LEYENDA

-  Troncal Amazónica
-  Área de estudio
-  Quebrada San José
-  Río Zamora
-  Barrio Tunantza
-  Ciudad de Zamora



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

CARRERA DE INGENIERÍA EN EL MANEJO Y CONSERVACION DE MEDIO AMBIENTE

SEDE ZAMORA

MAPA DE UBICACIÓN DE LA LAVADORA, LUBRICADORA Y VULCANIZADORA MARIFER

Proyecto: IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DEL POTENCIAL FITORREMEDIADOR DE ESPECIES VEGETALES PRESENTES EN EL SUELO CONTAMINADO POR GRASAS Y ACEITES LUBRICANTES EN LA LAVADORA, LUBRICADORA Y VULCANIZADORA MARIFER DE LA CIUDAD DE ZAMORA.

REFERENCIA ESPACIAL		Provincia: Zamora Chinchipe Cantón: Zamora Parroquia: Zamora Barrio: Tunatza Elaboración Juan Carlos Rivas Rodríguez	Mapa N° 1 Escala: 1:2,000
Proyección Universal de Mercator UTM Datúm Horizontal WGS84 Datúm Vertical Nivel Medio del Mar Estación Mareográfica "La Libertad" Provincia de Santa Elena			

Mapa 1. Ubicación del área de estudio.

5.2.2. Tipo de investigación.

La presente investigación es de tipo cuantitativa con un alcance correlacional, para ello se empleara el método analítico y de síntesis, así como también se apoyara en los instrumentos como la entrevista, y la observación directa para seleccionar la información y la obtención de datos necesarios para comprobar las hipótesis.

5.2.3. Variables de estudio.

5.2.3.1. Variable independiente.

Especies empleadas como fitorremediadoras en el tratamiento del suelo contaminado por grasas y aceites lubricantes.

5.2.3.2. Variable dependiente.

Nivel de descontaminación del suelo contaminado por grasas y aceites lubricantes.

5.2.4. Hipótesis.

5.2.4.1. Hipótesis central.

Las especies vegetales presentes en el suelo contaminado por grasas y aceites lubricantes poseen el potencial fitorremediador para descontaminar el suelo.

5.2.4.2. Hipótesis. Alternativa.

Las especies vegetales presentes en el suelo contaminado por grasas y aceites lubricantes no poseen el potencial fitorremediador para descontaminar el suelo.

5.2.5. Población y muestra.

Se realizaron dos tratamientos con dos repeticiones por cada tratamiento, se emplearon 16 plantas por cada repetición con una población de 64 plantas utilizadas en todo el tratamiento. Se evaluaron 10 plantas cada 15 días por cada repetición, obteniendo una muestra de 40 plantas.

5.2.6. Distribución de los tratamientos.

Los tratamientos que se emplearon en la presente investigación fueron distribuidos de la siguiente manera.

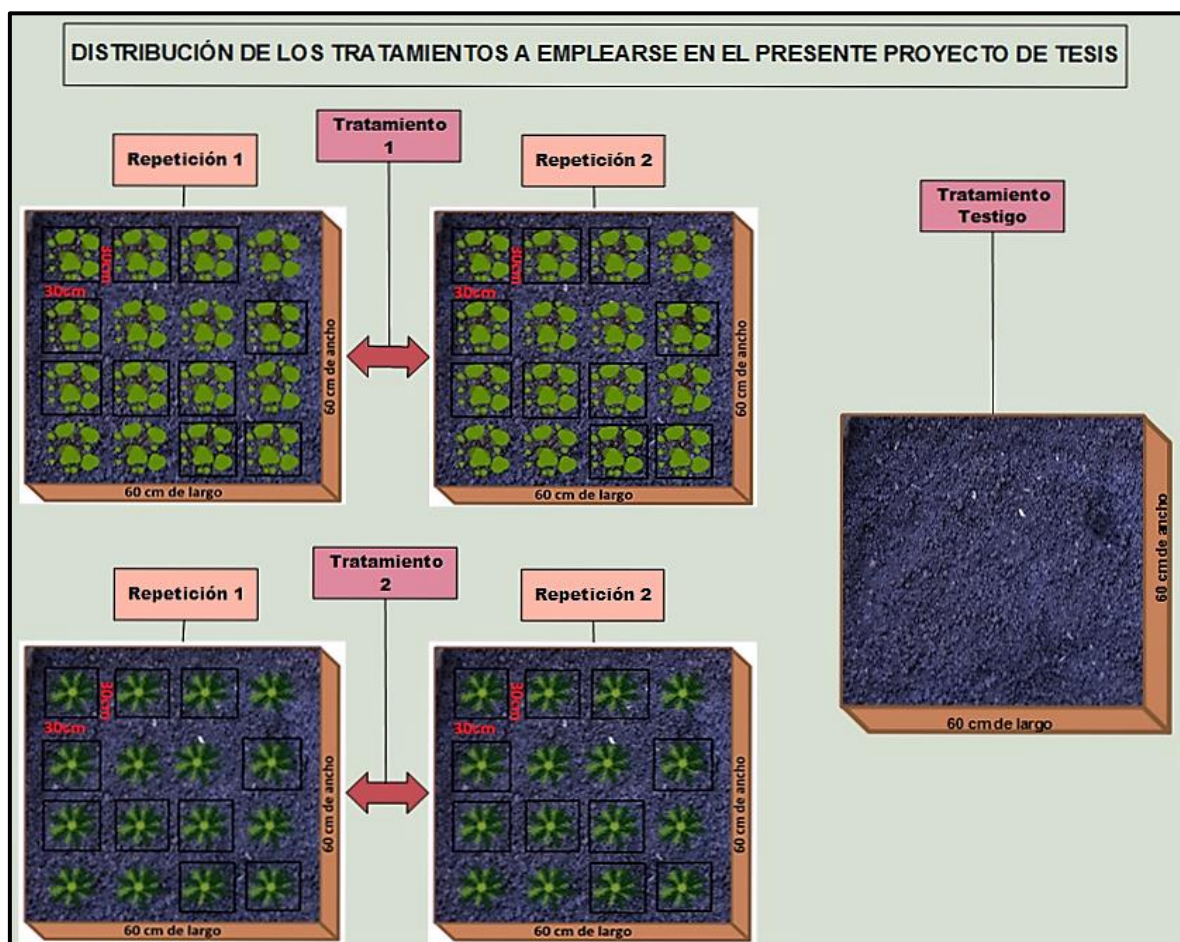


Figura 4. Número de tratamientos empleados en la presente investigación.

Cuadro 1. *Distribución de las plantas el tratamiento de Fitorremediación.*

Distribución de las especies vegetales a emplearse en el desarrollo experimental					
Tratamientos	Repeticiones	Cantidad de Plantas por repetición.	Número de plantas por tratamiento	Número de plantas evaluadas por cada tratamiento.	Testigo
Tratamiento 1 Sp. 1	2	16	32	10	No se emplearan especies vegetales en este tratamiento.
Tratamiento 2 Sp. 2	2	16	32	10	

5.2.7. Diseño experimental a utilizarse.

Se aplicó el método estadístico no paramétrico denominado “chi cuadrado”, para determinar si los datos obtenidos de una sola muestra presentan variaciones estadísticamente significativas respecto a la hipótesis nula. Para este método estadístico se aplicó la siguiente fórmula.

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

Dónde:

O_i= frecuencia del valor observado

E_i= frecuencia del valor esperado

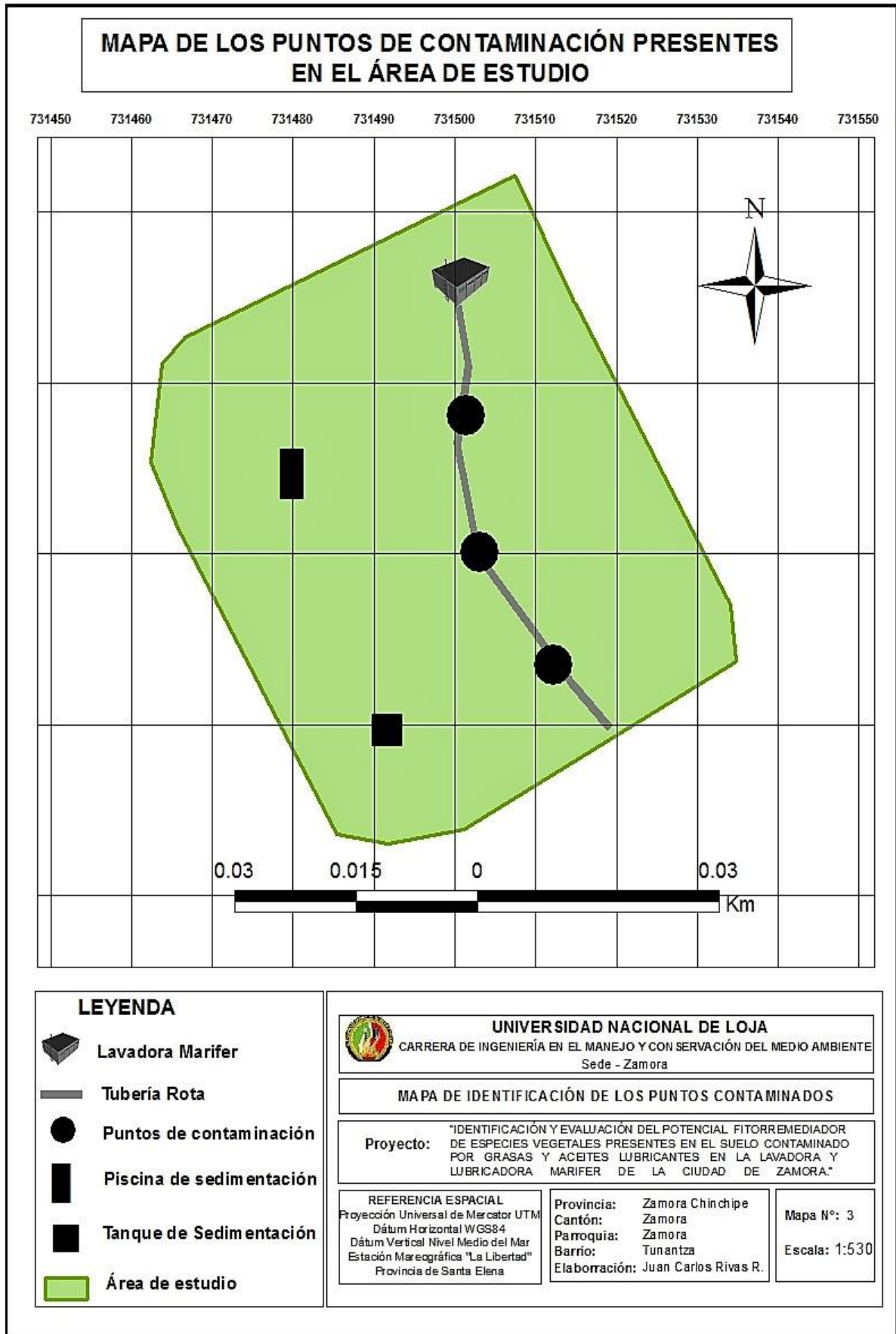
5.2.8. Metodología para el primer objetivo: Diagnosticar el estado actual de la contaminación de suelo por grasas y aceites lubricantes en el terreno aledaño de la lavadora y lubricadora Marifer de la ciudad de Zamora.

5.2.8.1. Descripción general del Área de estudio.

Se realizó un recorrido por toda el área identificando de manera visual y registrando todos los aspectos encontrados tanto positivos como negativos, esta inspección se la realizó previo a la implementación del ensayo experimental y de manera meticulosa.

5.2.8.2. Identificación de los sitios contaminados.

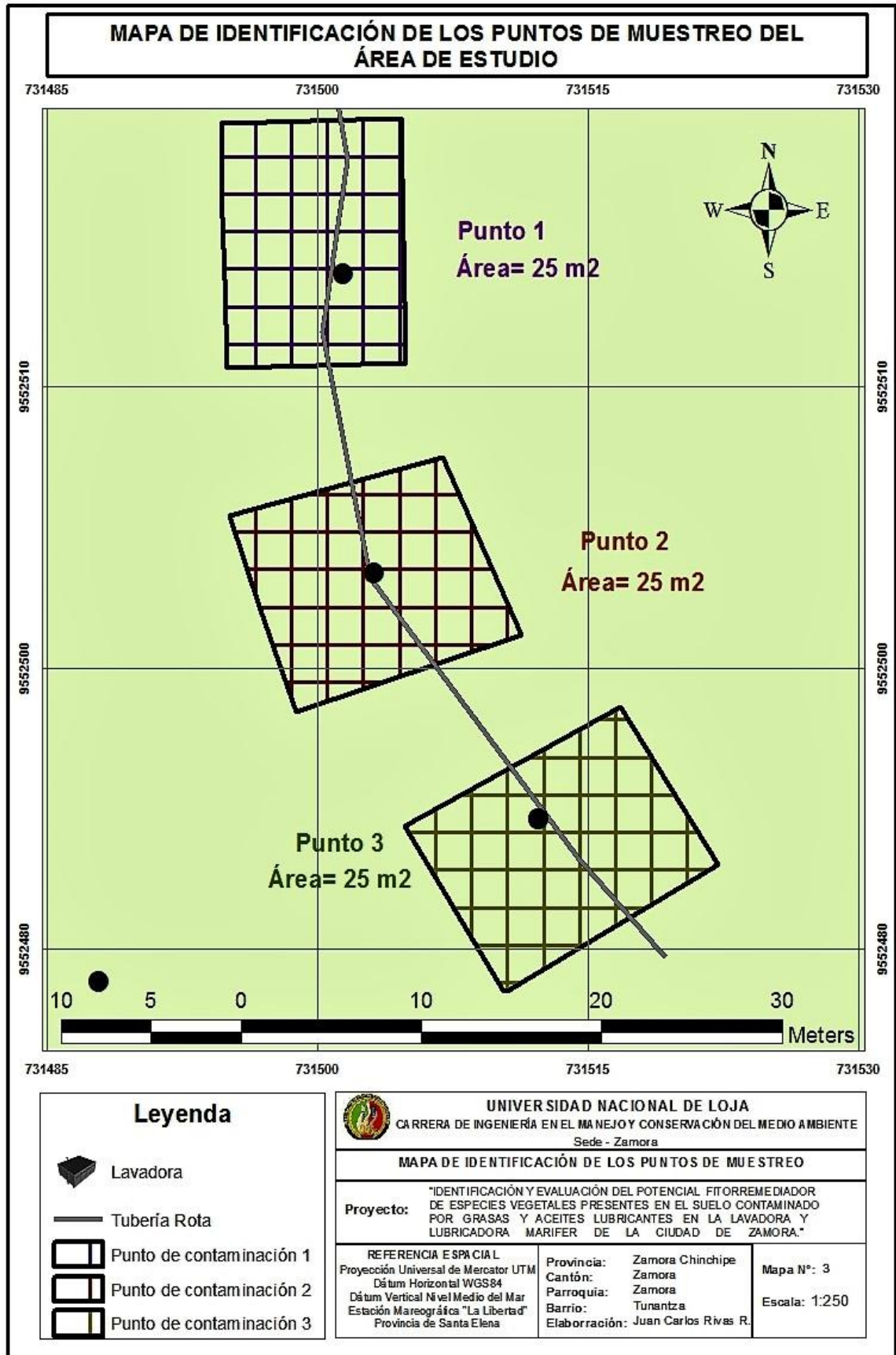
Se realizó el levantamiento del polígono total del área de estudio y se identificó los sitios contaminados tomando los respectivos puntos GPS para su posterior mapeo. En este proceso también se identificó la existencia de especies vegetales dentro de cada punto de contaminación. Después de haber identificado los sitios contaminados se procedió a realizar su receptivo muestreo para cual se delimitaron las áreas contaminadas.



Mapa 2. Puntos de contaminación presentes en el área de estudio.

5.2.8.3. Tipo de muestreo.

Se aplicó el muestreo estratificado aleatorio simple debido a la distribución irregular del contaminante en el suelo, con el mapa de puntos de contaminación previamente elaborado se procedió a dividir las áreas contaminadas en estratos donde la distribución del contaminante sea homogénea para lo cual se aplicó una rejilla (1 m x 1 m) dividiendo cada zona contaminada en partes iguales donde las probabilidades de ser muestreadas sean similares. Establecidos los puntos a muestrear se procedió a enumerarlos determinando así los sitios donde se recolectaron las muestras.



Mapa 3. Determinación de los puntos donde se realizó el muestreo del suelo.

5.2.8.4. Recolección de las muestras.

La normativa legal vigente estipulada en el Acuerdo Ministerial 028, establece que para los proyectos, obras o actividades menores a 100 hectáreas, se tomará una muestra compuesta, para ejecutar el muestreo se trazará una cuadrícula sobre el área del proyecto y dentro de ella se tomarán las submuestras de forma aleatoria. (MAE, 2015, p. 33). Para lo cual se procedió a realizar la limpieza de los puntos contaminados extrayendo una submuestra de 0.5kg a una profundidad de 30 cm por cada punto de contaminación, para la extracción se utilizó una pala pequeña, siendo la muestra obtenida almacenada en un recipiente de plástico.



Fotografía 3. *Recolección de las submuestras de cada punto contaminado a una profundidad de entre 0 y 30 cm.*

Luego de haber recolectado las submuestras de los puntos contaminados se realizó un cuarteo que consiste en la homogeneización del suelo dividiéndolo en 4

partes iguales recolectando solamente dos partes para la obtención de 1 kg de muestra compuesta, la misma que es representativa del suelo contaminado. La muestra obtenida se almacenó en recipiente de plástico y etiqueto con la siguiente información:

- Nombre del proyecto.
- Código de la muestra.
- Fecha y hora del muestreo.
- Nombre del responsable del muestreo.



Fotografía 4. Cuarteo de las muestras recolectadas en cada punto de contaminación para realizar una muestra compuesta de 1 kg, etiquetado de la muestra.

5.2.8.5. Parámetros a analizar.

Los parámetros a analizar en la presente investigación fueron los siguientes.

- PH.
- Textura.
- Conductividad eléctrica.
- Plomo.
- Materia Orgánica.
- Hidrocarburos Totales de petróleo.
- Grasas y aceites.

5.2.8.6. Análisis en el Laboratorio.

El análisis del suelo recolectado se lo realizó en el laboratorio “Analítica Avanzada Asesoría y Laboratorios”, de la ciudad de Quito. Los resultados obtenidos fueron comparados y analizados con la Tabla 1 correspondiente a los “Criterios de la calidad del suelo” y la Tabla 2 de los “Criterios de Remediación” contemplada en el Acuerdo Ministerial 097. Para comparar e interpretar el parámetro correspondiente a la materia orgánica se trabajó con la tabla 4 “Niveles críticos para la materia orgánica”, emitida por el MAGAP. (Anexo 1)

5.2.9. Metodología para el segundo objetivo: Identificar y evaluar el potencial fitorremediador de dos especies vegetales representativas existentes en el suelo contaminado por grasas y aceites lubricantes en el terreno aledaño a la lavadora y lubricadora Marifer de la ciudad de Zamora.

5.2.9.1. Identificación y recolección de las especies vegetales.

Según la distribución de la contaminación en el suelo se delimitaron 3 áreas de 5 m², dentro de estas áreas se realizó un invento herbáceo para lo cual se delimitaron parcelas de 1 m² como se muestra en la siguiente figura.

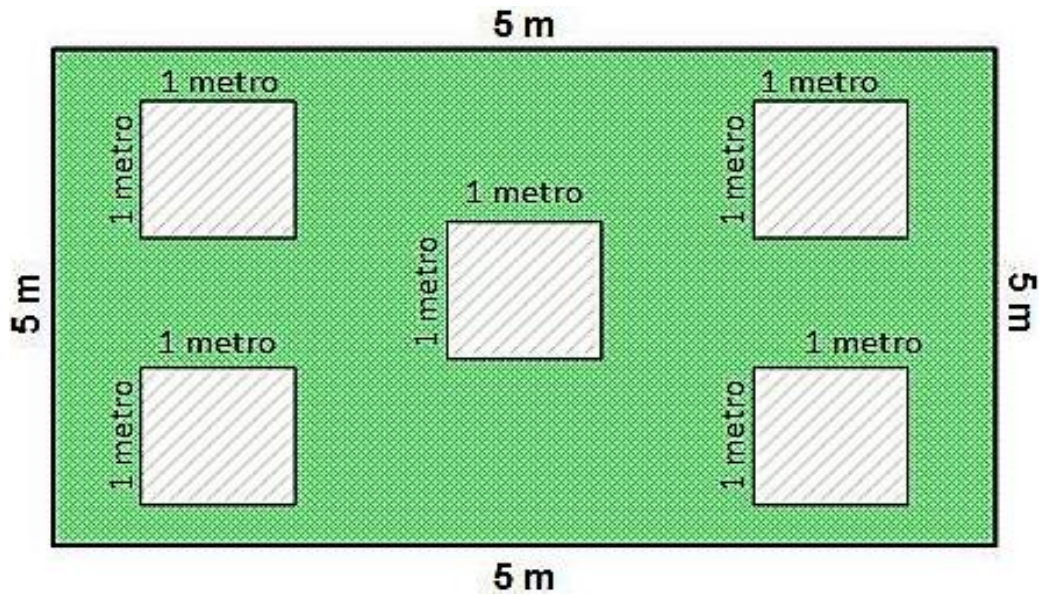


Figura 5. *Inventario herbáceo realizado en las zonas de contaminación.*

Se registró las especies vegetales identificadas en el inventario herbáceo con sus nombres comunes para facilitar su posterior identificación taxonómica y se recolectó dos plantas por cada especie vegetal existente.

5.2.9.2. Preparación de la muestra de las especies vegetales recolectadas.

Se realizó la preparación de las muestras recolectadas evitando que estas se dañen, para lo cual se extrajo completamente la tierra de las raíces de las plantas, además se añadió alcohol en el haz y envés de las hojas para su conservación, luego se procedió a envolver las plantas en papel periódico y por último se las almacenó en planchas de cartón con la finalidad de que las muestras se preserven hasta su respectivo análisis taxonómico.



Fotografía 5. Preparación de las muestras para su traslado al herbario Reinaldo Espinosa de la ciudad de Loja para su análisis taxonómico.

Las muestras de las especies vegetales recolectadas fueron trasladadas al herbario Reinaldo Espinosa de la ciudad de Loja en horas de la mañana para evitar su marchitación, en el herbario se realizó el análisis taxonómico y se identificó las especies vegetales recolectadas en el inventario herbáceo.

5.2.9.3. Análisis taxonómico de las especies recolectadas en el inventario herbáceo.

Se realizó el análisis taxonómico en el herbáceo Reinaldo Espinosa de la Universidad Nacional de Loja, las muestras de las especies vegetales fueron analizadas con la ayuda del taxónomo Zhofre Aguirre Mendoza Ph.D.



Fotografía 6. *Análisis taxonómico de las especies vegetales recolectadas en el inventario herbáceo.*

5.2.9.4. Identificación de las dos especies representativas y dominantes.

Después del análisis taxonómico de las especies recolectadas en el inventario herbáceo se procedió a aplicar los parámetros ecológicos y el índice de diversidad biológica de Simpson para determinar las dos especies vegetales representativas de los sitios de contaminación.

5.2.9.5. Parámetros ecológicos.

La aplicación de estos parámetros permitió establecer la cantidad de plantas existentes por cada especie vegetal identificada en las áreas delimitadas, su densidad por Ha con respecto al resto de las plantas, la densidad relativa que poseen las especies encontradas, su frecuencia relativa y el índice de valor de importancia (IVI) que indica que tan importante es una especie dentro de la

comunidad vegetal. Este proceso fue fundamental para determinar las dos especies representativas de los sitios de contaminación.

5.2.9.6. Densidad.

Se la determinó en función del número de individuos de una especie respecto a la unidad de área o superficie. Para el cálculo no es necesario contar todos los individuos de una zona, sino que se puede realizar muestreos en áreas representativas de esta manera se obtendrá la abundancia herbácea. Se lo expresa en individuos por hectárea como se muestra en la siguiente fórmula.

$$Densidad = \frac{\text{Número total de individuos por especie}}{\text{Total área muestreada}}$$

5.2.9.7. Densidad relativa o abundancia.

Esta abundancia se la determinó en función del número de individuos de una especie con relación al total de individuos de la población, esta abundancia indica la presencia mayoritaria de determinadas especies frente a las restantes que están presentes en la zona de estudio.

$$Densidad\ relativa\ (DR) = \frac{\text{Número de individuos por especie}}{\text{Número total de individuos}} \times 100$$

En base a esta fórmula se determina la abundancia de las especies de la siguiente manera:

PA= Poco frecuente de 0 a 33 %.

mA= Medianamente abundante 34 a 70 %.

MA= Muy abundante > al 70 %.

5.2.9.8. Frecuencia Relativa.

Se determinó la frecuencia relativa en base a las ocasiones que se repite una especie en el total del muestreo, se trabajó con esta fórmula debido a que se establecieron 3 parcelas donde se realizó un inventario por parcela.

$$Frecuencia\ relativa\ (DR) = \frac{No.\ parcelas\ donde\ esta\ la\ especie}{No.\ total\ de\ parcelas\ muestreadas} \times 100$$

Determinado la frecuencia relativa de la especies de la siguiente manera:

Poco frecuente o rara de 0 a 33 %.

Común de 34 a 70 %.

Abundante > al 70 %.

5.2.9.9. Índice de valor de importancia.

Este índice se utiliza para determinar la jerarquía respecto a la dominancia de las especies, indica que tan importante es una especie dentro de la comunidad vegetal. La especie que tiene el IVI más alto significa entre otras cosas que es ecológicamente dominante que absorbe mucho más nutrientes y que están controlando un porcentaje alto la energía que llega al ecosistema, para lo cual se establecen los siguientes valores:

- Ecológicamente poco importante 0-33 %
- Ecológicamente medianamente importante 34-70 %

- Ecológicamente muy importante >70 %

Para determinar este valor se aplica la siguiente fórmula

Índice del valor de importancia (IVI)= DR + FR.

DR= Densidad relativa.

FR= Frecuencia relativa.

Después de haber aplicado los parámetros ecológicos se aplicó el índice de Simpson para determinar la diversidad específica de la zona de estudio.

5.2.9.10. Índice de diversidad Simpson.

Este índice mide la dominancia de las especies dentro de una comunidad vegetal, manifestando la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie. Sin embargo, este índice de diversidad biológica presenta una característica adicional muy importante, siendo sensible a los cambios en las especies abundantes, por lo cual es muy útil para el monitoreo ambiental ya que mide la variación de las especies más abundantes por alguna perturbación. Los valores de la diversidad según Simpson se dan dentro de una escala de 0 a 1; siendo mayor cuando se aproxima a uno y menor al acercarse a cero.

Este índice se obtiene aplicando la siguiente fórmula

$$D = 1 - \sum_{i=1}^s P_i^2$$

Donde:

Donde:

D = Índice de diversidad de Simpson

P_i = Proporción de individuos de la especie en la comunidad

S= Número de especies

N= Total de organismos presentes (o unidades cuadradas)

n= Número de ejemplares por especie. (Mendoza, 2010, pp. 5-6).

Una vez identificadas las 2 especies representativas del suelo contaminado por grasas y aceites lubricantes se procedió a llevar a cabo el tratamiento de fitorremediación. Este tratamiento se lo realizó In situ.

5.2.9.11. Implementación del ensayo experimental.

Se realizó la limpieza de la maleza del área seleccionada y de sus alrededores, el ensayo experimental se lo realizó acuerdo con la siguiente estructura previamente diseñada.

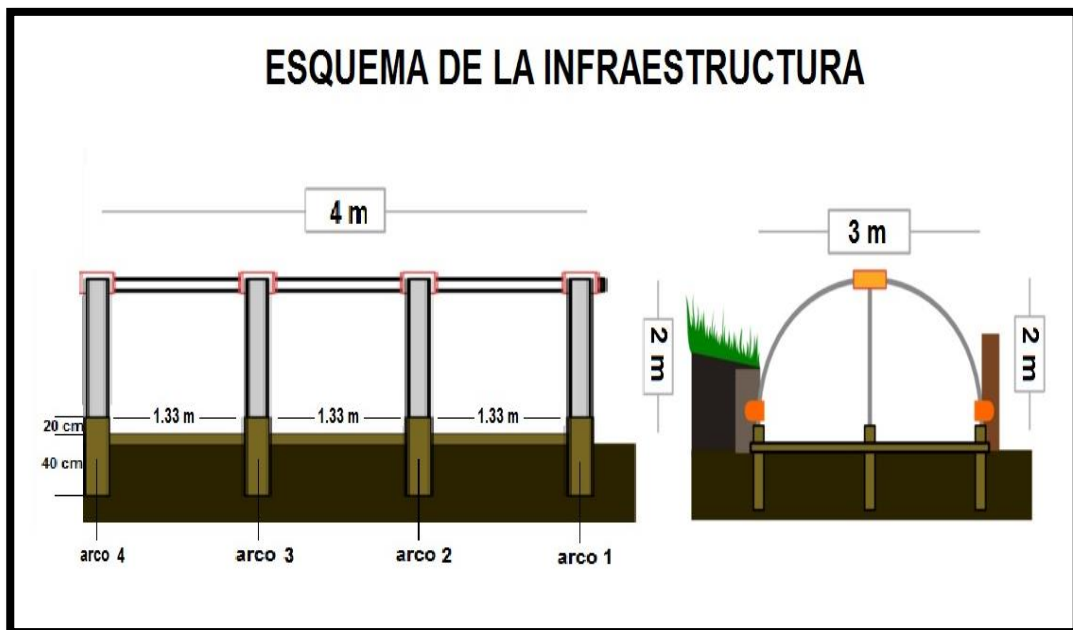


Figura 6. *Diseño del invernadero donde se llevó a cabo el tratamiento de fitorremediación.*

Se adecuó un sitio de 12 m² donde se construyó un invernadero para lo cual se utilizó 4 guaduas de 3 metros de altura, las mismas que fueron enterradas a 30 cm de profundidad, estas guaduas se las colocó en el centro para brindar un buen soporte al techo. Se colocaron 4 listones de madera de 1,50 m en cada costado, estos listones fueron enterrados a una profundidad de 20 cm como soportes laterales del techo, una vez instalados los respectivos soportes se utilizó 6 metros de manguera de 4 pulgadas siendo recortadas cada 4 metros y arqueadas para ser clavadas a los listones para dar la forma cóncava al techo. Con los soportes del techo ya implementados se procedió a colocar 5 metros de plástico número 8 transparente sujetado con clavos a los listones de madera y templado con piola a unos soportes clavados en el suelo para prevenir que el viento lo levante.



Fotografía 7. *Construcción del invernadero donde se realizará el desarrollo del tratamiento de Fitorremediación.*

Ya implementado el techo del invernadero se procedió a realizar la nivelación del suelo para el armado de las 5 platabandas utilizadas en el tratamiento de

fitorremediación, estas platabandas fueron de una dimensión de 0,60 m de largo por 0,60 m de ancho y de 20 cm de altura, en cuanto a la cantidad de suelo contaminado que se utilizó se lo determinó en base a las dimensiones de las platabandas, es decir 0,60 x 0,60 m y 0,20 por lo cual se utilizó 0,072 m³ de suelo contaminado en cada platabanda. El suelo contaminado fue recolectado de los sitios contaminados identificados previamente para lo cual se utilizó una barreta excavando a una profundidad no mayor a 30 cm, con una pala se extrajo el suelo para ser tamizado donde se eliminó todo tipo de residuo, por último, el suelo colocado en cada platabanda se regó previo al trasplante de las especies vegetales.



Fotografía 8. Armado de las platabandas y colocación del suelo contaminado.

5.2.9.12. Recolección y selección de las dos especies identificadas como representativas y dominantes en el área de estudio.

Luego del inventario herbáceo y del análisis taxonómico de las especies vegetales en estudio, se seleccionó las especies dominantes y representativas según las siguientes características.

- Que sean las más jóvenes.
- Que tengan una buena coloración.
- Que no presenten anomalías.
- Que tengan un buen sistema radicular.

Se utilizó guantes para la recolección de las especies con el fin de no maltratar las plantas ni alterar sus características físico-químicas, para posteriormente realizar el respectivo trasplante.



Fotografía 9. *Especies vegetales recolectadas para realizar el trasplante.*

5.2.9.13. Trasplante de las plantas recolectadas.

Las plantas fueron extraídas de los sitios de contaminación para lo cual se consideró una altura de aproximadamente 10 cm, se utilizó una pala pequeña con el fin de no maltratar las raíces, luego de ser extraídas fueron depositadas en una funda plástica. El trasplante se lo realizó a raíz desnuda para lo cual se utilizó un producto orgánico llamado Cytokin, que es una hormona natural reguladora del crecimiento vegetal que facilita la nutrición de las plantas, promueve el brote y desarrollo de las yemas, espigas, flores y raíces. También se utilizó el SOL-U-GRO que es un fertilizante soluble concentrado para aspersion al follaje y solución para el trasplante. Se utilizó una solución de 50 ml de Cytokin y 50 gr SOL-U-GRO en 20 litros de agua, con la preparación de esta solución se procedió a sumergir las raíces de las plantas durante un minuto para el posterior trasplante de las 16 plantas en cada platabanda a una distancia de 15 cm entre planta. La distancia se la determinó en función al tamaño de las plantas que se utilizaron.



Fotografía 10. Solución de 20 ml de Cytokin y 20 mg de SOL-U-GRO

El arranque del tratamiento de fitorremediación se dio con el trasplante de las 64 plantas, se consideró una fase de adaptación de una semana de duración con el propósito de que las plantas se adaptarán a las condiciones de su nuevo entorno, durante la semana de duración de esta fase se realizó un riego por día con el propósito de que las plantas no murieran producto del cambio de temperatura ocasionado por la implementación del invernadero. Para calcular al agua necesaria para el riego se tomó en cuenta el área total de cada platabanda (0,36), multiplicado para la profundidad de la raíz (0,20), al valor resultante se le extrajo el 20 % correspondiente a la proporción de microporos de un suelo franco y finalmente se lo multiplico por 1000 para obtener el valor en litros. (Techos Verdes, 2016, p.1).

Por medio de este procedimiento la cantidad de agua para el riego fue de 14 litros, la frecuencia de riego se estableció según lo recomienda Calero, (2012) que menciona “en el proceso y evolución del cultivo se debe realizar riegos periódicos moderados (aproximadamente cada 3 días) a fin de mantener la humedad” (p.57).

Bajo este argumento el riego se lo realizó dejando un día en horas de la tarde cuando los rayos del sol son menos intensos lo que permitió que las plantas puedan aprovechar de mejor manera el agua, en cuanto al control de la maleza se la realizó cada mes. La nutrición de las plantas se lo realizó cada 15 días, se aplicó la misma dosificación utilizada en el trasplante de las plantas.



Fotografía 11. *Inicio del tratamiento de fitorremediación con las especies vegetales trasplantadas.*

5.2.9.14. Evaluación de las especies vegetales utilizadas.

Se evaluaron 10 plantas de cada tratamiento, siendo un total de 40 plantas evaluadas para observar el comportamiento de las plantas ante el contaminante. Esta evaluación se la realizó durante los 90 días de tratamiento.

La evaluación de las plantas se lo realizó en base a lo argumentado por Barrera, Suárez, y Mergalejo (2016, p. 2) que establecen lo siguiente “Para determinar el crecimiento de las plantas se puede aplicar un análisis tradicional o clásico que involucra la toma de datos en función del tiempo (cada 1-2 semanas)”, en base a este argumento se realizó la evaluación de los siguientes parámetros cada 15 días, a excepción del porcentaje de prendimiento de las plantas que se lo realizó durante la semana de adaptación.

5.2.9.14.1. Porcentaje de prendimiento.

Este parámetro se evaluó únicamente a los 7 días después de haber terminado la fase de adaptación de las plantas, pasado dicho tiempo este parámetro ya no se evaluó. Los resultados obtenidos se registraron en una hoja de campo. (Anexo 2).

5.2.9.14.2. Altura de la planta.

Para evaluar este parámetro se utilizó una cinta métrica, se midió desde la base de la planta hasta su extremo, los resultados que se obtuvieron fueron registrados en una hoja de campo. (Anexo 3 y 4).

5.2.9.14.3. Porcentaje de clorosis y necrosis.

Se observó el color de las hojas a fin de determinar si presentan clorosis, que se manifiesta en los cambios de color verde a amarillo que sufren los tejidos vegetales. También se determinó la presencia de necrosis, que consiste en la muerte del tejido vegetal lo que causa un cambio de color de estos tejidos de verde a pardo, pardo oscuro, café, oscuro o negro. Los resultados fueron registrados en una hoja de campo. (Anexo 5 y 6).

5.2.9.14.4. Porcentaje de Mortalidad.

Se evaluó la mortalidad de las especies vegetales empleadas en la presente investigación. (Anexo 7)

Estos parámetros fueron evaluados cada 15 días, hasta la culminación del tratamiento a excepción del parámetro correspondiente al porcentaje de prendimiento. De esta manera se puede determinar el comportamiento de las

especies vegetales ante el contaminante. Por otra parte también se controló que las especies utilizadas puedan concluir el tratamiento de fitorremediación.

5.2.9.15. Recolección de muestras

Finalizado los 3 meses de evaluación de los tratamientos en estudio, se procedió a retirar las especies vegetales empleadas, se extrajo el suelo de cada tratamiento con su respectiva repetición para ser tamizado, se realizó una muestra compuesta de 1Kg por cada tratamiento siendo estas muestras almacenadas en fundas ziploc.



Fotografía 12. Retiro de vegetación y tamizado del suelo previo a su análisis

final.



Fotografía 13. *Recolección y almacenamiento de las muestras.*

5.2.9.16. Análisis de Laboratorio.

Las muestras recolectadas fueron enviadas al laboratorio de suelos Analítica Avanzada Asesoría y Laboratorios de la ciudad de Quito para su respectivo análisis, los resultados obtenidos del análisis de las muestras fueron comparados e interpretados con la Tabla 2 “Criterios de remediación del suelo” (valores máximos permisibles) establecidos en el Acuerdo Ministerial 097. Estos resultados también fueron comparados con los resultados iniciales para establecer y determinar si las especies vegetales empleadas en la presente investigación han removido los contaminantes presentes en el suelo.

6. RESULTADOS

6.1.1. Resultados del primer objetivo.

Diagnosticar el estado actual de la contaminación del suelo por grasas y aceites lubricantes presentes el terreno aledaño de la lavadora y lubricadora Marifer de la ciudad de Zamora.

6.1.1.1. Descripción general del área de estudio donde se realiza la investigación de fitorremediación.

El área de estudio se encuentra cubierta por una abundante vegetación herbácea y arbustiva, siendo menos exuberante en los sitios de contaminación. A simple vista no es posible determinar los sitios afectados por la contaminación siendo necesario realizar un recorrido por toda el área en estudio, encontrando residuos de recipientes plásticos de uso comercial, filtros de carros, llantas quemadas, residuos de hidrocarburos producto de las fugas ocasionadas por la ruptura de las tuberías que transportan estos residuos. A pesar de que la empresa realiza el manejo de desechos se pudo observar los residuos antes mencionados como se muestra a continuación.



Fotografía 14. *Condiciones en las que se encontró la zona de estudio.*



Fotografía 15. *Suelo contaminado por la ruptura de la tubería que transporte residuos de hidrocarburos.*

El área de estudio también presenta zonas que no se encuentran contaminadas donde se han desarrollado actividades productivas como la agricultura, implementando pequeños cultivos de yuca, plátano, maíz y caña de azúcar, productos que poseen un alto valor nutricional por lo cual son destinados al consumo netamente familiar. En el siguiente cuadro se muestra la producción que se desarrolla en el área de estudio.

Cuadro 2. *Producción general de cultivos.*

Producción de cultivos obtenidos en la zona de estudio					
Producto	Superficie cultivada en m²	Superficie cultivada en Ha	Densidad de siembra	Producción	Producción T/ha
Yuca	56 m ²	0,0056	56	84 lbs.	0.038 T/Ha
Plátano	50 m ²	0,005	12	120 lbs.	0.054 T/Ha
Maíz	63 m ²	0,0063	393	1200 lbs.	0.544 T/Ha
Caña de azúcar	25 m ²	0,0025	25	125 lbs.	0.057 T/Ha
				Total	0.69 T/Ha

La producción en la zona de estudio es de 0.69 T/Ha, siendo el cultivo de maíz el que presenta una mayor productividad con respecto a los demás cultivos. Esta producción es relativamente baja en comparación con la producción nacional referente a los cultivos antes mencionados que es de 72.47 T/Ha, según el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP), ver Anexo 8.

6.1.1.2. Resultados de los análisis de las muestras iniciales para determinar los niveles de contaminación del suelo

A continuación se presentan los resultados obtenidos en el análisis del suelo correspondiente al área de estudio realizado en el laboratorio de suelos Analítica Avanzada Asesoría y Laboratorios de la ciudad de Quito.

Tabla 3. Resultados del análisis de las muestras iniciales.

Resultados del análisis inicial del suelo		
Parámetros	Valor obtenido	Límites máximos permisibles
PH	6,5	6-8
Conductividad Eléctrica uS/cm	112,9	200
Plomo mg/kg	< 19	60
Aceites y Grasas mg/kg	15318,2	< 4000
Hidrocarburos Totales de Petróleo mg/kg	14921,7	150
Materia Orgánica %	8,14	< 3(bajo), 3 a 5 (medio), > 5 (alto)
Textura	Franco	

Los resultados obtenidos del análisis inicial del suelo determinaron que los parámetros PH, Conductividad Eléctrica, y Plomo presentan valores inferiores a los límites máximos permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial 097, comprobando que no se encuentran alterados. En cuanto a los parámetros Hidrocarburos Totales de Petróleo, Grasas y Aceites, se pudo comprobar su presencia en el suelo en concentraciones superiores a los límites máximos permisibles establecidos para este tipo de contaminantes, por lo cual se confirmó que el suelo del área de estudio se encuentra contaminado. El suelo presenta una textura franca con composición uniforme de 45% de arena, 40% de limo y 15% de


arcilla características generales de un suelo franco. En lo referente al parámetro de materia orgánica, este se encuentra en un rango alto

6.1.2. Resultado del segundo objetivo.

Identificar y evaluar el potencial fitorremediador de dos especies vegetales representativas existentes en el suelo contaminado por grasas y aceites lubricantes en el terreno aledaño a la lavadora y lubricadora Marifer de la ciudad de Zamora.

6.1.2.1. Identificación y recolección de especies vegetales existentes en el suelo contaminado.

Cuadro 3. Registro de las plantas encontradas en el inventario herbáceo.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA	
Carrera de Ingeniería en el Manejo y Conservación del Medio Ambiente	
Proyecto: “IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DEL POTENCIAL FITORREMIADOR DE ESPECIES VEGETALES PRESENTES EN EL SUELO CONTAMINADO POR GRASAS Y ACEITES LUBRICANTES EN LA LAVADORA Y LUBRICADORA MARIFER DE LA CIUDAD DE ZAMORA.”	
Registro de las especies vegetales encontradas en el invetero herbáceo	
Especies vegetales encontradas	Cantidad de plantas
Delimitación: Parcela 1	Código: PRC 001
Solimoncillo	12
Laritaco	4
Escobilla blanda	3
Cortadera	6
Hierba de chivo	6
Escobilla	8
Delimitación: Parcela 2	Código: PRC 002
Hierba de chivo	20
Hyptis eriocephala. J	5

Verbena	2
Clavo de Agua	6
Escobilla	8
Delimitación: Parcela 3	Código: PRC 003
Wichingue	4
Escobilla	22
Lechuga de Cabro	3
Cortadera	5

Del inventario herbáceo realizado en la parcela 1 se encontraron 6 especies vegetales con un total de 39 plantas, de las cuales la especie Solimoncillo presentó la mayor cantidad de plantas en toda el área, mientras que la especie Escobilla blanda mostró una menor población.

En la parcela 2 se registró 5 especies vegetales con un total de 41 plantas, de las cuales la especie Hierba de Chivo presentó la mayor cantidad de plantas, mientras que la especie Verbena presentó una menor cantidad de individuos.

En lo referente al resultado del inventario realizado en la parcela 3 se encontró 4 especies vegetales con un total de 34 plantas. La especie vegetal con mayor cantidad de plantas fue la Escobilla, mientras que la planta Lechuga de Cabro presentó menos individuos con relación a las plantas encontradas dentro de la parcela.

6.1.2.2. Identificación taxonómica de las especies recolectadas en el inventario herbáceo.

Cuadro 4. Identificación taxonómica e las especies vegetales resultantes del inventario herbáceo.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA									
Carrera de Ingeniería en el Manejo y Conservación del Medio Ambiente									
Proyecto: "IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DEL POTENCIAL FITORREMEDIADOR DE ESPECIES VEGETALES PRESENTES EN EL SUELO CONTAMINADO POR GRASAS Y ACEITES LUBRICANTES EN LA LAVADORA Y LUBRICADORA MARIFER DE LA CIUDAD DE ZAMORA."									
Identificación Taxonómica									
Reino	División	Clase	Orden	Familia	Genero	Especie	Nombre Científico	Nombre V.	Tipo
Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Polygonales	Polygonaceae	Polygonum	Hydropiperoides	<i>Polygonum hydropiperoides</i> . M	Solimoncillo	Hierba
Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Vernonanthura	Vernonanthura patens	<i>Vernonanthura patens</i> . H	Laritaco	Arbusto
Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Cyperales	Poaceae	Digitaria	Digitaria violascens	<i>Digitaria violascens</i> . H	Escobilla blanda	Hierba
Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Cyperales	Poaceae	Paspalum	Millegrana	<i>Paspalum millegrana</i> L	H. Cortadera	Hierba
Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Ageratum	Ageratum conyzoides	<i>Ageratum conyzoides</i> . L	H. de chivo	Hierba

Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Malvales	Malvaceae	Sida	Sida rhombifolia	<i>Sida rhombifolia. L</i>	Escobilla	Arbusto. P
Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Lamiales	Lamiaceae	Hyptis	Hyptis eriocephala	<i>Hyptis eriocephala. B</i>	NN	Hierba
Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Lamiales	Verbenaceae	Verbena	Verbena litoralis	<i>Verbena litoralis. K</i>	Verbena	Hierba
Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Myrtales	Onagraceae	Ludwigia	Ludwigia peruviana	<i>Ludwigia peruviana. L</i>	Clavo de laguna	Arbusto P.
Plantae	Magnoliophyta	Magnoliophy	Asterales	Astaraceae	Bidens	Pilosa	<i>Bidens pilosa. L</i>	Wichingue	Hierba
Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Erechtites	Erechtites valerianifolia	<i>Erechtites valerianifolia. R</i>	Lechuga de Cabro	Hierba

6.1.2.3. Selección de las dos especies representativas y dominantes.

Cuadro 5. Selección de las especies representativas de sitios de contaminación identificadas en el análisis taxonómico.

Familia	Nombre Científico	Nombre Común	N° Individuos	Densidad Ha	Densidad Relativa	N° parcelas donde se encuentra la especie	Frecuencia Relativa FR	IVI
Polygonaceae	<i>Polygonum hydropiperoides. M</i>	Solimoncillo	12	8000	10.53%	1	33.33%	43.86
Asteraceae	<i>Vernonanthura patens. H</i>	Laritaco	4	2667	3.51%	1	33.33%	36.84
Poaceae	<i>Digitaria violascens. H</i>	Escobilla blanda	3	2000	2.63%	1	33.33%	35.96
Poaceae	<i>Paspalum millegrana. L</i>	Cortadera	11	7333	9.65%	2	66.67%	76.32
Asteraceae	<i>Ageratum conyzoides. L</i>	Hierba de chivo	26	17333	22.81%	2	66.67%	89.47
Malvaceae	<i>Sida rhombifolia. L</i>	Escobilla	38	25333	33.33%	3	100.00%	133.33
Lamiaceae	<i>Hyptis eriocephala. J</i>	Desconocido.	5	3333	4.39%	1	33.33%	37.72

Verbenaceae	<i>Verbena litoralis</i> . K	Verbena	2	1333	1.75%	1	33.33%	35.09
Onagraceae	<i>Ludwigia peruviana</i> . L	Clavo de laguna.	6	4000	5.26%	1	33.33%	38.60
Asteraceae	<i>Bidens pilosa</i> L.	Wichingue	4	2667	3.51%	1	33.33%	36.84
Asteraceae	<i>Erechtites valerianifolius</i> . R	Lechuga de Cabro	3	2000	2.63%	1	33.33%	35.96
Total			114					

De las 114 plantas identificadas en el inventario herbáceo la especie vegetal *Ageratum conyzoides*. L, estuvo presente en las 2 de las 3 parcelas analizadas, presentando un total de 26 plantas. La densidad por hectárea con respecto a esta especie vegetal fue de 17333 individuos, se registró una densidad relativa o abundancia del 22.81%, siendo esta especie medianamente abundante según los rangos establecidos en la metodología. En la frecuencia relativa se obtuvo un valor de 66.67% siendo una especie común en el área de estudio. En cuanto al IVI se obtuvo un valor de 89.47, estableciéndose como una especie ecológicamente muy importante.

En cuanto a la especie vegetal *Sida rhombifolia*. L, se registró de la presencia de esta especie en las 3 parcelas donde se realizó el inventario herbáceo, presentando un total de 38 plantas, su densidad por Ha fue de 25333 individuos, en lo referente a su densidad relativa o abundancia presentó un 33.33%, siendo medianamente abundante, su frecuencia relativa fue del 100%, debido a que está presente en toda el área muestreada siendo una especie muy abundante. En el valor obtenido del IVI fue de 133.33, estableciéndose como una especie ecológicamente muy importante.

6.1.2.4. Índice diversidad Simpson

Cuadro 6. Índice de diversidad de Simpson de las especies vegetales presentes en el área de estudio.

Familia	N. Científico	Nombre común	No. Individuos	Proporción Pi	Pi 2
Polygonaceae	<i>Polygonum hydropiperoides.</i> M	Solimoncillo	12	0.11	0.01
Asteraceae	<i>Vernonanthura patens.</i> H	Laritaco	4	0.04	0.00
Poaceae	<i>Digitaria violascens.</i> H	Escobilla blanda	3	0.03	0.00
Poaceae	<i>Paspalum millegrana.</i> L	Cortadera	11	0.10	0.01
Asteraceae	<i>Ageratum conyzoides.</i> L	Hierba de chivo	26	0.23	0.05
Malvaceae	<i>Sida rhombifolia.</i> L	Escobilla	38	0.33	0.11
Lamiaceae	<i>Hyptis eriocephala.</i> J	Desconocido.	5	0.04	0.00
Verbenaceae	<i>Verbena litoralis.</i> K	Verbena	2	0.02	0.00
Onagraceae	<i>Ludwigia peruviana.</i> L	Clavo de laguna.	6	0.05	0.00
Asteraceae	<i>Bidens pilosa.</i> L	Wichingue	4	0.04	0.00
Asteraceae	<i>Erechtites valerianifolius.</i> R	Lechuga de Cabro	3	0.03	0.00
Total			114		0.19
					0.81

Las especies vegetales *Ageratum conyzoides.* L, y *Sida rhombifolia.* L, obtuvieron los valores más altos cercanos a 1, siendo estas especies consideradas como dominantes con respecto al resto de las especies vegetales presentes en el área de estudio.

6.1.2.5. Descripción taxonómica de la especie vegetal *Ageratum conyzoides.*

Especie vegetal *Ageratum conyzoides.* L

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Asterales

Familia	Asteraceae
Genero	Ageratum
Especie	Conyzoides
Nombre Científico	<i>Ageratum conyzoides. L</i>
Nombre Vulgar	Hierba de chivo
Tipo	Hierba

6.1.2.5.1. Descripción botánica.

Es una especie anual, se multiplica únicamente por semillas donde un individuo puede producir hasta 40. 000 semillas. La dispersión de la semilla está asegurada por el viento y el agua. La mitad de las semillas pueden germinar poco después de la diseminación (dispersión de semillas), es capaz de florecer todo el año mientras la humedad sea suficiente. Se marchita naturalmente al cabo de cinco meses aproximadamente, esta especie presenta una raíz pivotante, es decir que la raíz penetra la tierra de forma vertical. Esta especie de preferencia se presenta expuesta al sol y provisto de la humedad suficiente, habitualmente se las puede encontrar en lotes que colindan con ríos con un manto freático aflorante. En la actualidad está bien distribuida en todas las regiones tropicales y subtropicales, es reconocida como maleza en 46 países. (PI@ntNet, 2016, p.1).

La especie *Ageratum conyzoides. L*, tiene una gran variación morfológica, lo cual le da una gran adaptabilidad a diferentes condiciones ecológicas, por lo cual posee una gran capacidad para adaptarse a medios ecológicos muy diferentes así como a los cambios que ocurren en su entorno siendo muy común que se propaguen en hábitats alterados por la acción del ser humano, como bordes de caminos, campos de cultivo abandonados, en tierras agrícolas y zonas urbanas. Entre sus usos se destaca su aprovechamiento en la medicina tradicional para

tratar enfermedades con la neumonía, quemaduras, fiebres, etc. En estudios realizados con respecto a su bioactividad ha determinado que presenta un gran potencial en el control de plagas debido a su composición química que afecta directamente a los insectos. (Ming y Janick, 2016, párr.6).

Esta especie en condiciones normales de hábitat presenta una altura promedio de 1 m de altura, además posee atributos que le permiten tener una exitosa invasión como es la rápida propagación y crecimiento, alto potencial reproductivo (tanto sexual como asexual), floración y fructificación durante largos periodos, resistencia de depredadores naturales debido a su fitotoxina y su competencia por los recursos del hábitat empleando armas como la alelopatía que es la producción de compuestos bioquímicos que influyen en el crecimiento de otras especies. Esta mala hierba puede en potreros ya que el gano no se alimenta de ella ya que les causa ulceración, esta especie completa se ciclo de vida en 10 a 12 semanas y presenta una raíz de 9 cm de longitud aproximadamente. (Kauri, s.f, pp. 1-61-64-66).

6.1.2.6. Descripción taxonómica de la especie vegetal *Sida rhombifolia*. L.

Especie vegetal *Sida rhombifolia*. L

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Malvales
Familia	Malvaceae
Genero	Sida
Especie	Rhombifolia
Nombre Científico	<i>Sida rhombifolia</i> . L

Nombre Vulgar	Escobilla
Tipo	Hierba

6.1.2.6.1. Descripción Botánica.

Es una planta perenne muy común en potreros o terrenos, se distribuye generalmente en forma de pequeños manchones considerada como una hierba anual o pequeño arbusto, con los tallos muy ramificados. Las flores son amarillas, sus frutos se ven como farolitos con una punta y son verdes. Originaria de regiones tropicales y subtropicales del mundo, habita en climas cálidos, semicálidos y templados desde los 800 y los 2600 msnm. Crecen en terrenos baldíos cerca de caseríos o en las calles, en zonas no alteradas y zonas perturbadas de bosques tropicales. Esta especie se propaga por semillas, su floración inicia desde los 3 a 4 meses de edad y puede producir más de 10,000 semillas por planta, es una planta perenne (alrededor de 3 años), aunque se puede establecer como anual en ambientes adversos o climas muy estacionales. (EcuRed, 2016, p.1).

Esta especie vegetal alcanza los 1.50 m de altura, posee una raíz pivotante leñosa con numerosas raíces finas, es común que esta especie se encuentre en potreros debido a que no es consumida por el ganado. Entre sus principales usos está sus propiedades medicinales para tratar enfermedades como fiebres, dolores de estómago, se usa como anticrotálico contra venenos de víboras y arañas. (Vibrans, 2016,párr. 25-42).

6.1.2.7. Evaluación de las especies vegetales *Ageratum conyzoides*. L, y *Sida rhombifolia*. L

6.1.2.7.1. Porcentaje de prendimiento de las dos especies vegetales.

El prendimiento de las especies vegetales *Ageratum conyzoides*. L y *Sida rhombifolia*. L, utilizadas en el ensayo fue del 100% en todos los tratamientos durante los primeros 7 días de evaluación.

6.1.2.7.2. Altura de las especies vegetales *Ageratum conyzoides*. L y *Sida rhombifolia*. L

Cuadro 7. Promedio de la altura de la especie vegetal *Ageratum conyzoides*. L

Promedio de la altura de la especie vegetal <i>Ageratum conyzoides</i>. L, en el tratamiento 1			
Tiempo (días)	Repetición 1	Repetición 2	Promedio Total
15	27 cm	27 cm	27
30	35 cm	34 cm	35
45	42 cm	42 cm	42
60	49 cm	49 cm	49
75	55 cm	56 cm	56
90	64 cm	64 cm	64

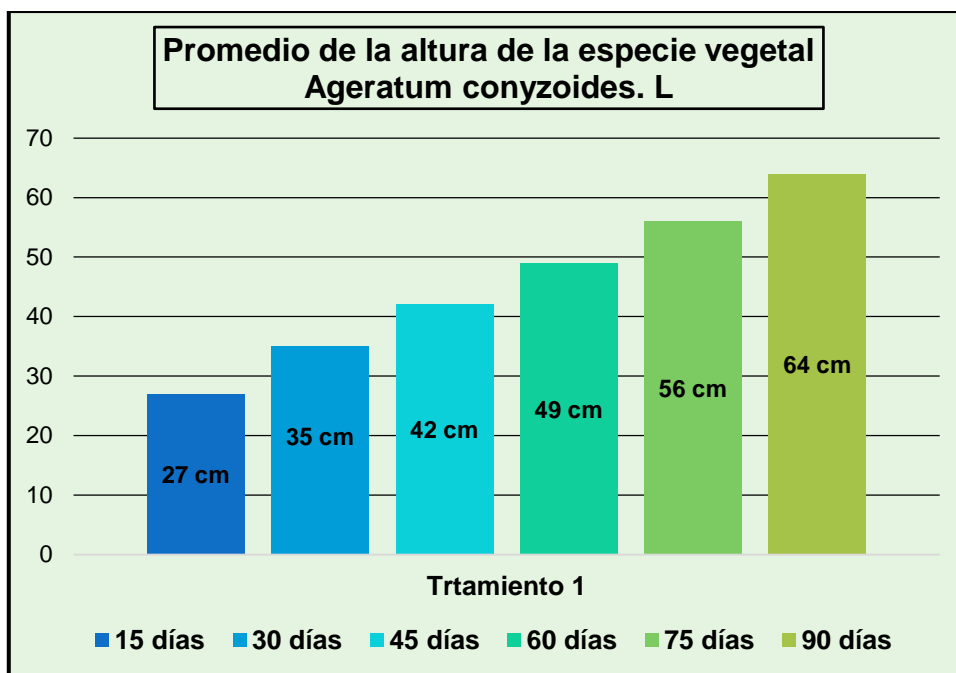


Figura 7. Comparación del promedio de altura de la especie *Ageratum conyzoides*. L, del tratamiento 1.

El crecimiento de las plantas de la especie vegetal *Ageratum conyzoides*. L, fue similar y continuo en sus dos repeticiones desde los 15 días hasta los 90 días de evolución, creciendo un promedio de 11 cm aproximadamente por período de quince días hasta llegar a los 64 cm del altura al final de la fase de evaluación.

Cuadro 8. Registro del promedio de la altura de la especie vegetal *Sida rhombifolia*. L

Promedio de la altura de la especie vegetal <i>Sida rhombifolia</i>. L, en el tratamiento 2			
Tiempo (días)	Repetición 1	Repetición 2	Promedio Total
15	29 cm	30 cm	30 cm
30	39 cm	40 cm	40 cm
45	50 cm	50 cm	50 cm
60	60 cm	60 cm	60 cm

75	70 cm	72 cm	71 cm
90	80 cm	83 cm	82 cm

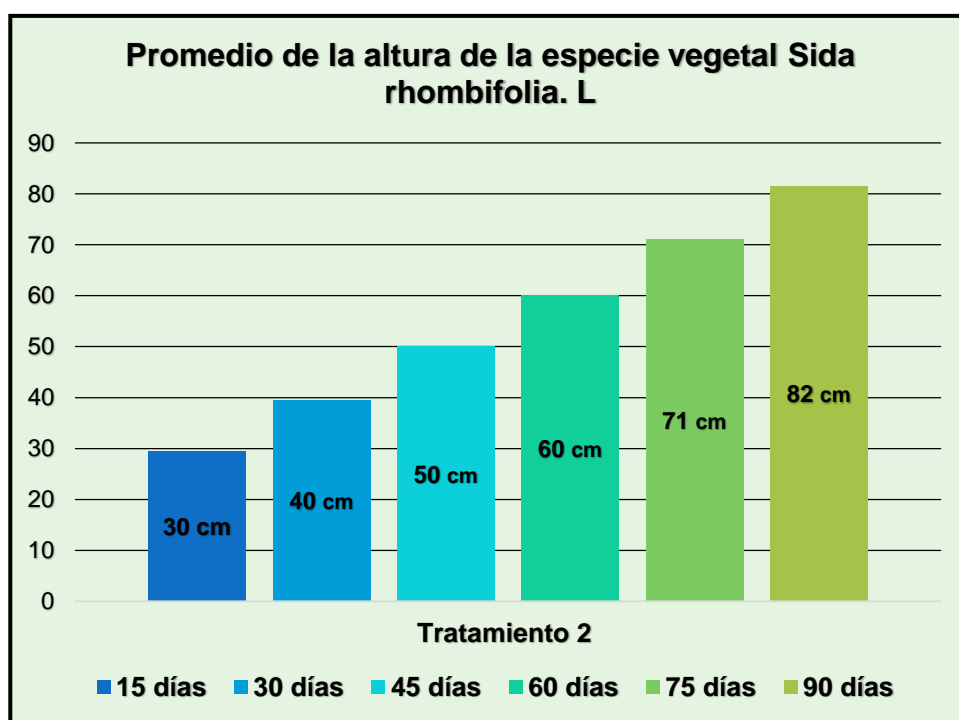


Figura 8. Comparación del promedio de altura de la especie *Sida rhombifolia. L*, del tratamiento 2.

El crecimiento de la especie *Sida rhombifolia. L*, en el tratamiento 2 fue constante durante la fase de evaluación, no se presentaron diferencias entre la altura de las plantas. El crecimiento promedio fue de aproximadamente 14 cm por período de 15 días, alcanzando los 82 cm de altura a los 90 días.

6.1.2.7.3. Porcentaje de clorosis y necrosis de las especies vegetales *Ageratum conyzoides. L* y *Sida rhombifolia. L*

Cuadro 9. Registro del porcentaje de clorosis y necrosis de la especie vegetal *Ageratum conyzoides. L.*

Porcentaje de clorosis y necrosis de la especie vegetal <i>Ageratum conyzoides. L.</i> , en el tratamiento 1		
Tiempo (días)	Clorosis	Necrosis
15	3 %	1 %
30	6 %	4 %
45	7%	6 %
60	12 %	9 %
75	15 %	11 %
90	16 %	8 %

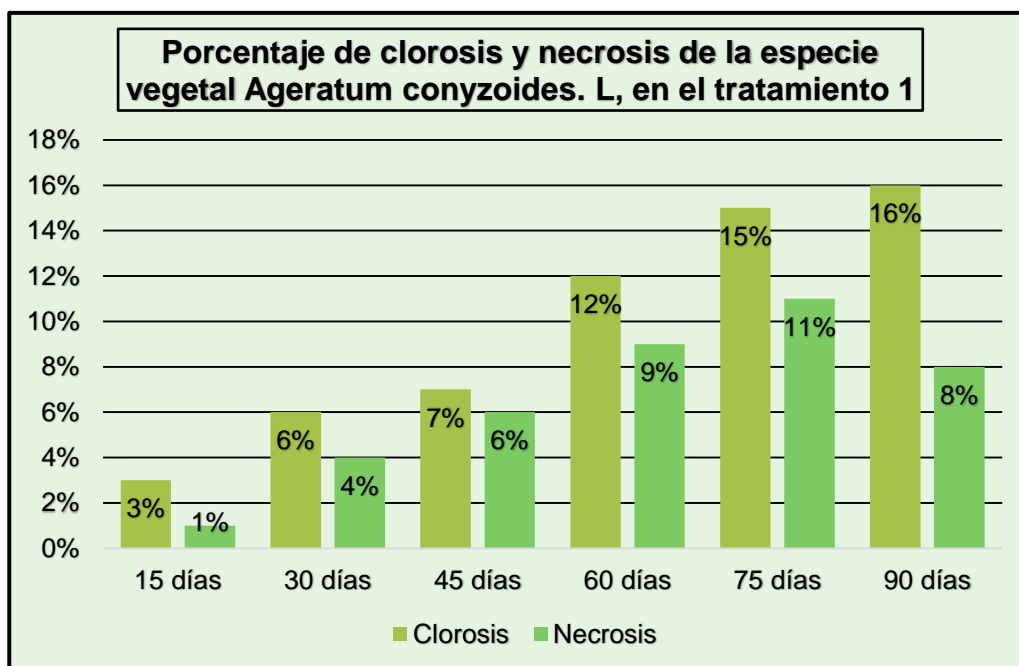


Figura 9. Comparación del porcentaje de clorosis y necrosis en el tratamiento 1, con la especie *Ageratum conyzoides. L.*

Al inicio de la fase de evaluación se registró un bajo porcentaje de clorosis, siendo esta anomalía constante manifestándose con mayor fuerza a partir de los 60 días, hasta alcanzar el 16 % a los 90 días. En cuanto a la necrosis, anomalía

que también se manifestó con porcentaje relativamente bajo a los 15 días, incrementándose claramente a los 75 días y al cabo de los 90 días se presentó una reducción en su porcentaje debido a la mortalidad de las plantas evaluadas.

Cuadro 10. Registro del porcentaje de clorosis y necrosis de la especie vegetal *Sida rhombifolia. L*

Porcentaje de clorosis y necrosis de la especie vegetal <i>Sida rhombifolia. L</i> , en el tratamiento 2		
Tiempo (días)	Clorosis	Necrosis
15	1%	0%
30	4%	1%
45	8%	6%
60	11%	9%
75	15%	11%
90	18%	14%

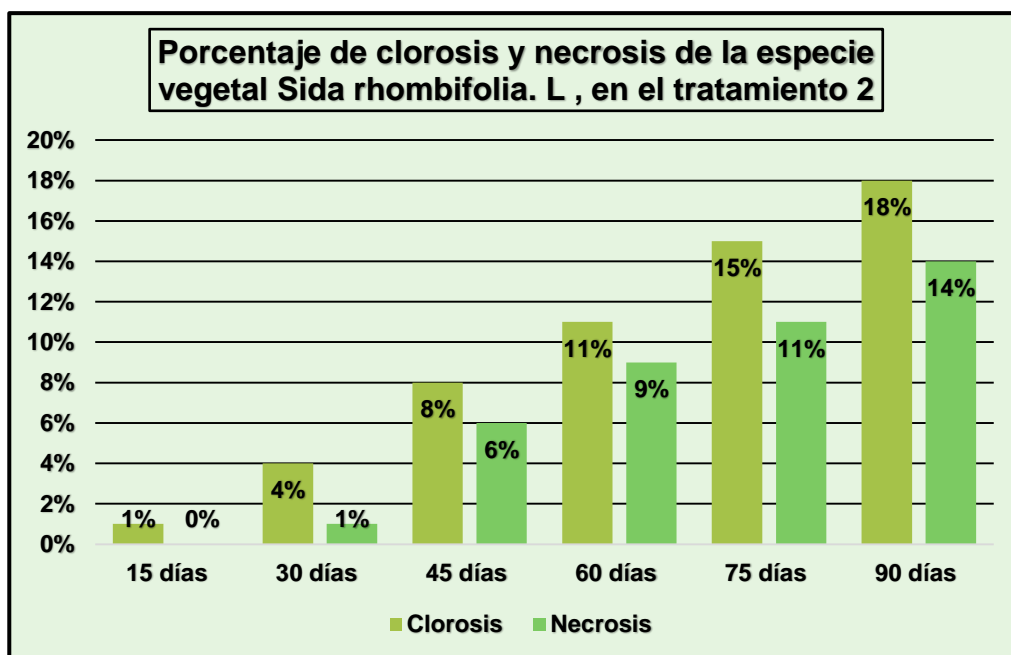


Figura 10. Comparación del porcentaje de clorosis y necrosis en el tratamiento 2, con la especie *Sida rhombifolia. L*

Se presentó un bajo porcentaje de clorosis en los primeros 15 días, esta anomalía fue constante y creciente, siendo más evidente a partir de los 75 días donde su porcentaje fue más evidente hasta alcanzar el 18 % a los 90 días.

En cuanto a la necrosis esta anomalía no se manifestó al inicio de la fase de monitoreo, siendo evidente a partir de los 30 días en un porcentaje bajo, alcanzando el 14 % a los 90 días.

6.1.2.7.4. Porcentaje de Mortalidad.

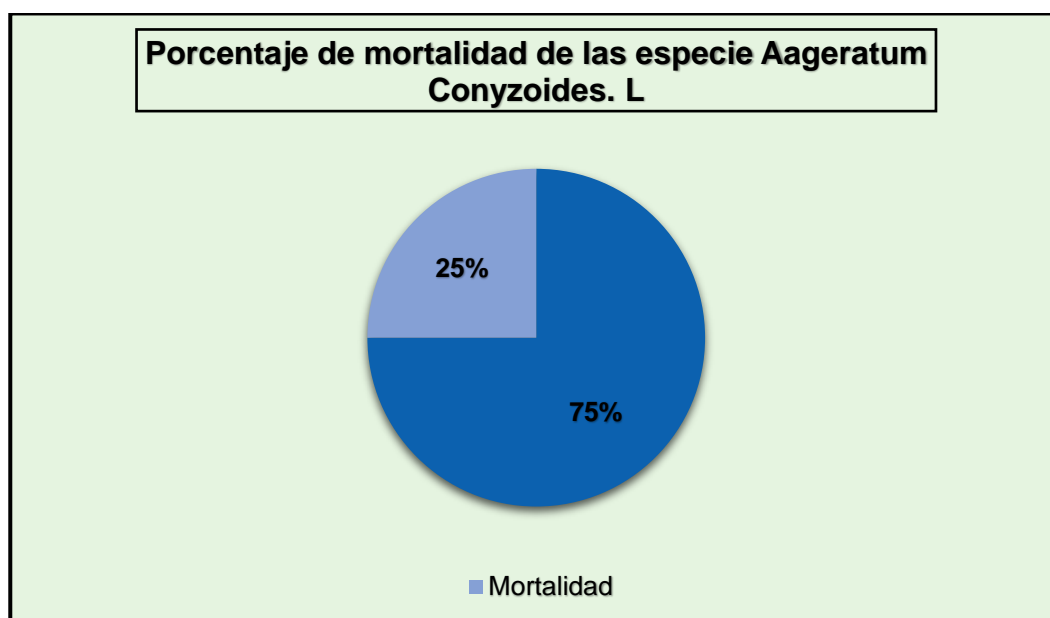


Figura 11. *Porcentaje de mortalidad de la especie Ageratum conyzoides. L.*

La mortalidad solo se dio en la especie vegetal *Ageratum conyzoides. L.*, a partir de los 75 hasta los 90 días ya que presentó un gran porcentaje de anomalías en sus hojas. En cuanto a la especie vegetal *Sida rhombifolia. L.*, no presentó mortalidad entre sus individuos.

6.1.2.8. Resultados de los análisis de laboratorio correspondiente a los tratamientos en estudio.

Del análisis efectuado en el laboratorio Analítica Avanzada Asesoría y Laboratorios, a continuación se presentan en el siguiente cuadro con los resultados obtenidos y su respectiva comparación entre el análisis inicial y los análisis finales de cada tratamiento.

Cuadro 11. *Comparación de los resultados de análisis inicial con los tratamientos en estudio.*

Comparación de los resultados de los análisis iniciales y finales					
Parámetro	Unidades	Análisis Inicial	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Límites máximos permisibles
Grasas y Aceites	mg/kg	15318.2	11415.16	12802.1	<4000
Hidrocarburos Totales de Petróleo	mg/kg	14921.7	10966.5	12201.2	150,0
PH	unid pH	6.5	6.5	6.5	6 - 8
Conductividad Eléctrica	uS/cm	112.9	31.3	42.3	200,0
Plomo	mg/kg	< 19	<19	< 19	60
Materia Orgánica	%	8.14	7.22	7.71	

El presente cuadro con los resultados del laboratorio obtenidos se describe a continuación en las siguientes figuras.

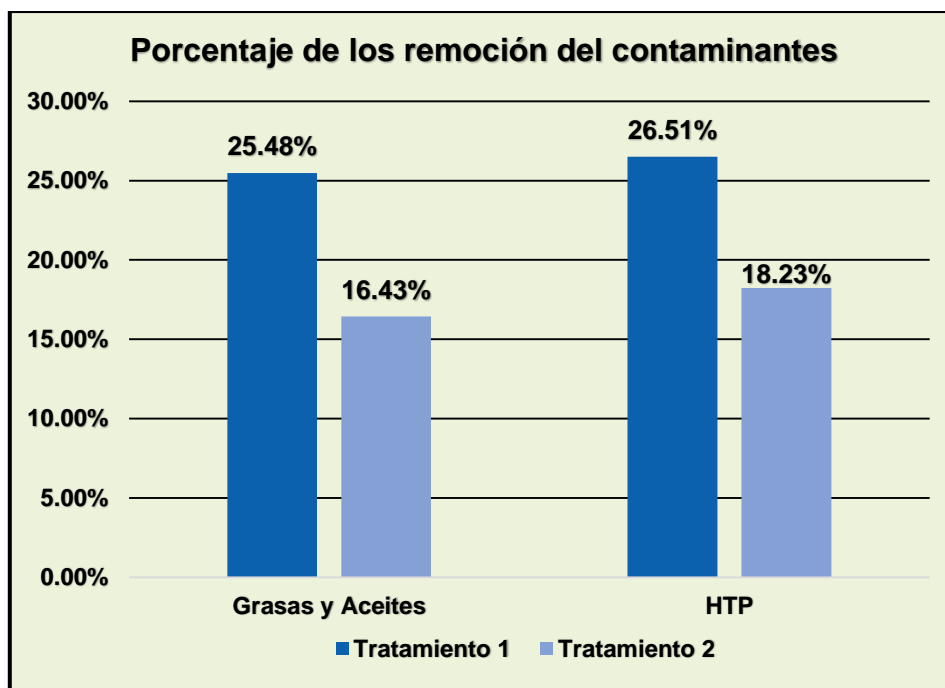


Figura 12. Comparación de la remoción de los contaminantes entre el tratamiento 1 y el 2.

El tratamiento 1 llevado a cabo con la especie vegetal *Ageratum conyzoides*. L, presentó el mayor porcentaje de remoción de Hidrocarburos Totales de Petróleo, Grasas y Aceites, frente a la especie *Sida rhombifolia*. L, del tratamiento 2 que removió los mismos contaminantes en un menor porcentaje. A pesar de las diferencias en la remoción de los contaminantes, estos aún se encuentran sobre los límites máximos permisibles estipulados en el Acuerdo Ministerial 097.

El potencial de hidrógeno del suelo no ha resultado afectado por los contaminantes, manteniendo el mismo valor de 6.5 desde el análisis inicial hasta el final encontrándose en un rango óptimo dentro de los límites máximos permisibles. De la misma manera la concentración de plomo en el suelo es la misma en los tres análisis realizados, este valor también se encuentra dentro de los límites máximos permisibles.

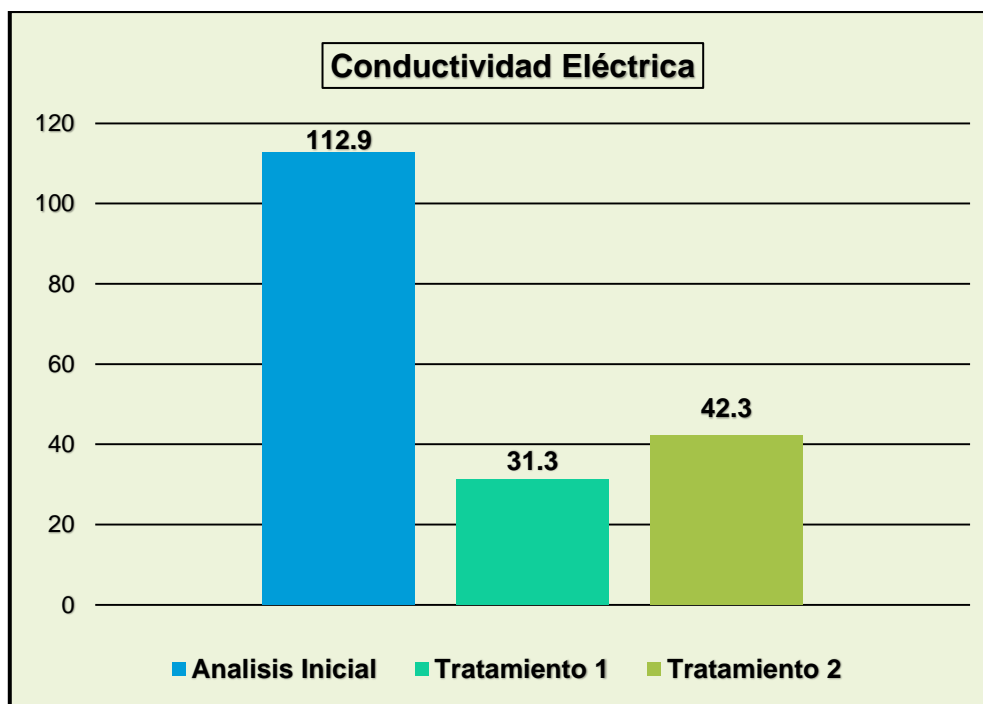


Figura 13. Comparación de la reducción de la conductividad eléctrica en el suelo.

La conductividad eléctrica en los tratamientos empleados ha disminuido en comparación con el valor de la muestra inicial, siendo más evidente su reducción en el tratamiento 1. Aunque existe una considerable diferencia respecto a los valores de la conductividad eléctrica en los tres análisis, estos se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles por lo cual este parámetro no se encuentra alterado por los contaminantes presentes en el suelo.

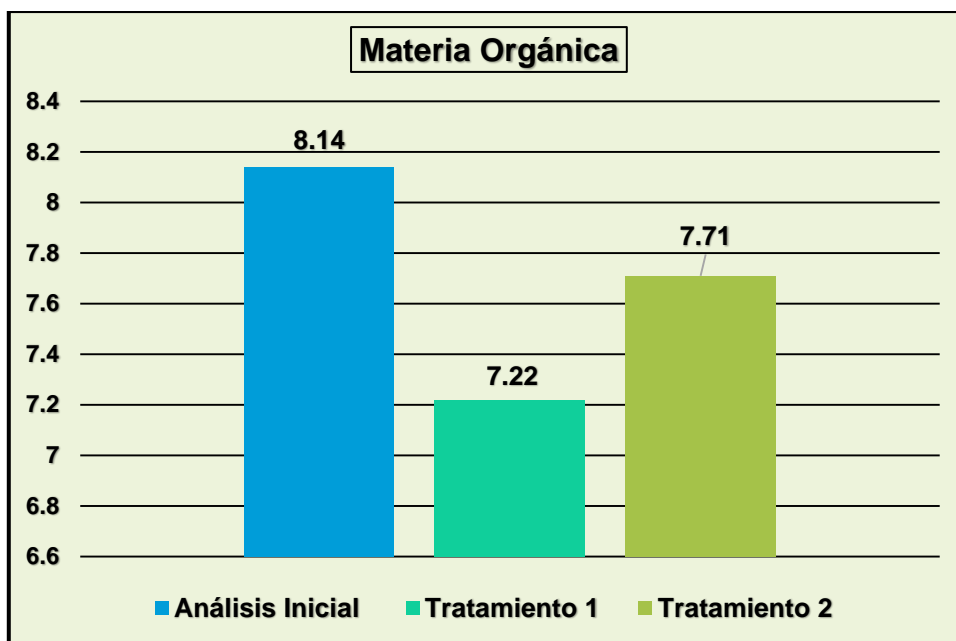


Figura 14. Comparación de la reducción de la materia orgánica en el suelo.

La concentración de materia orgánica en el análisis inicial se encontró en un rango alto a pesar de que se observa una reducción de este parámetro en el que sobresale en tratamiento 1, estos valores obtenidos se encuentran dentro de un rango alto según la comparación realizada con los valores críticos de materia orgánica emitida por el MAGAP.

6.1.3. Desarrollo del modelo estadístico no paramétrico chi cuadrado para los parámetros analizados.

Desarrollo del método estadístico para calcular el valor del Chi-cuadrado.

6.1.3.1. Hipótesis

Las especies vegetales presentes en el suelo contaminado por grasas y aceites lubricantes poseen el potencial fitorremediador para descontaminar el suelo.

6.1.3.2. Planteamiento de la hipótesis nula y la hipótesis alternativa

6.1.3.2.1. Hipótesis nula (H_0)

Las especies vegetales presentes en el suelo contaminado por grasas y aceites lubricantes no poseen el potencial fitorremediador para descontaminar el suelo.

6.1.3.2.2. Hipótesis alternativa (H_1)

Las especies vegetales presentes en el suelo contaminado por grasas y aceites lubricantes poseen el potencial fitorremediador para descontaminar el suelo.

6.1.3.3. Calcular el valor del Chi- cuadrado

Se obtuvo la tabla de contingencia de las frecuencias observadas de los resultados de los análisis de suelo realizado con la especie vegetal *Ageratum conyzoides*. L, en el tratamiento 1 y la especie vegetal *Sida rhombifolia*. L, en el tratamiento 2.

Cuadro 12. Contingencia con las frecuencias observadas en los tratamientos uno y dos.

Parámetros	Tratamiento 1	Tratamiento 2
Grasas y Aceites mg/kg	11415.1	12802.1
Hidrocarburos totales de Petróleo mg/kg	10966.5	12201.2
PH unid ph	6.5	6.5
Conductividad Eléctrica uS/cm	31.3	42.3
Plomo mg/kg	<19	< 19

Materia Orgánica %	7.22	7.71
--------------------	------	------

Frecuencia observada en los resultados del análisis de los tratamientos en estudio.

6.1.3.3.1. Resultados de las sumas de las frecuencias observadas.

Cuadro 13. Resultados de las frecuencias observadas.

Parámetros	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Total
Grasas y Aceites mg/kg	11415.1	12802.1	24217.2
Hidrocarburos totales de Petróleo mg/kg	10966.5	12201.2	23167.7
PH unid ph	6.5	6.5	13.0
Conductividad Eléctrica uS/cm	31.3	42.3	73.6
Plomo mg/kg	19	19	38.0
Materia Orgánica %	7.22	7.71	14.93
Total	22445.6	25078.8	47524.4

6.1.3.3.2. Cálculo de las frecuencias esperadas

Para el cálculo de las frecuencias esperadas se aplicó la siguiente fórmula:

$$fe = (\Sigma c. * \Sigma f.) / \Sigma total$$

Donde:

Fe = Frecuencia esperada.

Σc. = Sumatoria total de cada columna.

Σf. = Sumatoria de cada fila.

Σ total = Sumatoria total de los valores de la tabla.

Con la aplicación de la presente fórmula se obtuvo las siguientes frecuencias esperadas

Cuadro 14. Frecuencias esperadas.

Parámetros	Tratamiento 1	Tratamiento 2
Grasas y Aceites mg/kg	11437.70	12779.50
Hidrocarburos totales de Petróleo mg/kg	10942.02	12225.68
PH unid ph	6.14	6.86
Conductividad Eléctrica uS/cm	34.76	38.84
Plomo mg/kg	17.95	20.05
Materia Orgánica %	7.05	7.88

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

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

Donde:

χ^2 = Chi cuadrado

f_o = frecuencia del valor observado

f_e = frecuencia del valor esperado

6.1.3.3.3. Desarrollo del procedimiento para el cálculo del Chi-cuadrado X^2

$$x^2 = (11415.1-11437.70)^2/ 11437.70 + (12802.1-12779.50)^2/ 12779.50 + (10966.5-10942.02)^2/ 10942.02 + (12201.2-12225.68)^2/ 12225.68 + (6.5-6.14)^2/ 6.14 + (6.5-6.86)^2/ 6.86 + (31.3-34.76)^2/ 34.76 + (42.3-38.84)^2/ 38.84 + (19-17.95)^2/ 17.95 + (19-20.05)^2/ 20.05 + (7.22-7.05)^2/ 7.05 + (7.71-7.88)^2/ 7.88.$$

$$x^2 = 0.045 + 0.040 + 0.055 + 0.049 + 0.021 + 0.019 + 0.344 + 0.308 + 0.061 + 0.055 + 0.004 + 0.004$$

$$x^2 = 1.01$$

6.1.3.3.4. Determinación del valor de "p" y el grado de libertad.

Se determinó el valor de "p".

P= 1 - Nivel de significancia (0,05).

P= 1-0,5

P= 0,95

6.1.3.3.5. Determinación del grado de libertad (V).

V= (cantidad de filas -1)*(cantidad de columnas -1)

V= (6-1) * (2-1)

V= (5) * (1)

V= 5

6.1.3.3.6. Obtención del valor crítico

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

$$Vc = 11.07$$

6.1.3.3.7. Comparación entre el Chi cuadrado y el valor crítico.

X2 calculado	≤	Vc
1.01		11.07

6.1.3.3.8. Interpretación de los datos obtenidos

El valor del Chi cuadrado calculado es de 1.01, siendo menor que el valor establecido en el Chi cuadrado crítico que es de 11.07, por tal razón se acepta la hipótesis nula (Ho): Las especies vegetales presentes en el suelo contaminado por grasas y aceites lubricantes no poseen el potencial fitorremediador para descontaminar el suelo. Rechazando la hipótesis alternativa (H1): Las especies vegetales presentes en el suelo contaminado por grasas y aceites lubricantes poseen el potencial fitorremediador para descontaminar el suelo.

6.1.4. Valoración de costos por hectárea

Cuadro 15. *Análisis de costos por hectárea.*

Rubro	Actividades	Trabajadores	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Mano de obra	Desbroce de la vegetación	2	Jornal	7	15\$	210\$

	Extracción de las plantas	4	Jornal	1	15\$	60\$
	Trasplante	4	Jornal	7	15\$	420\$
	Utilización de Cytokin y SOL-U-GRO	-----	-----	-----	10\$	20\$
Análisis e suelo	Análisis Inicial		Unidad	1	213.92\$	213.92 \$
	Análisis Final		Unidad	1	337.21\$	337.21 \$
Total	1.261.13 \$					

El costo por hectárea es de 1.241.13 dólares, para lo cual se ha valorado la mano de obra empleada en una hectárea para actividades como el desbroce de la vegetación hasta el trasplante de las plantas para ello se recomienda la utilización de los fertilizantes orgánicos Cytokin y SOL-U-GRO debido a que son ampliamente utilizados para el trasplante y su valor en el mercado es bajo. En cuanto al costo de las especies vegetales *Ageratum conyzoides*. L y *Sida rhombifolia*. L, no ha sido considerado debido a su abundancia en cualquier hábitat del trópico, siendo consideradas como malas hierbas que poseen una gran capacidad de adaptación a los cambios que ocurren dentro se hábitat. También hay que considerar que las presentes especies vegetales mostraron un comportamiento fitorremediador bajo en la remoción de los contaminantes en estudio, además estas especies producen una gran cantidad de semillas lo que les permite propagarse con rapidez, siendo utilizadas en diversos suelos ya que no son apetecidas por el ganado vacuno, entre otros herbívoros.

7. DISCUSIÓN

A través del diagnóstico realizado en la zona de estudio, se observó que gran parte del suelo se encuentra cubierto por una exuberante vegetación caracterizada por malas hierbas y arbustos pequeños. Esta vegetación excesiva se debe a que no se realiza la limpieza del terreno en su totalidad, desbrozando solo pequeñas áreas que son destinadas para actividades agrícolas. Además de la vegetación excesiva también se encontró residuos inorgánicos que resultan de las actividades diarias de la lavadora y lubricadora Marifer como recipientes de lubricantes principalmente, la presencia de estos residuos en el suelo se debe a que no se realiza su adecuada gestión. La estructura implementada para el tratamiento de aguas residuales, trampa de grasas y lodos no se encuentra en buenas condiciones, las tuberías que transportan residuos de hidrocarburos se encuentran fracturadas en tres distintas partes lo que ha ocasionado fugas donde es evidente la contaminación del suelo. El colapso de estas infraestructuras se debe a la falta de mantenimiento y la vulnerabilidad que presentan al estar expuestas al medio sin ninguna protección para evitar su deterioro.

Esta contaminación se ratifica con los resultados del análisis inicial del suelo realizado en el laboratorio Analítica Avanzada Asesoría y Laboratorios, donde se determinó que el área de estudio se encuentra contaminada por Grasas y Aceites con un valor de 15318.2 mg/kg e Hidrocarburos Totales de Petróleo con una concentración de 14921.7 mg/kg, encontrándose sobre los límites máximos permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial 097 para suelos agrícolas.

Las actividades agrícolas que se desarrollan en el área de estudio son de una productividad baja de 0.69 T/Ha comparada con la producción nacional que se

estima en 72.47 T/Ha, según el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP, 2015). Esta baja productividad se debe a la contaminación del suelo donde solo crecen especies vegetales consideradas como malas hierbas por lo cual la producción agrícola es reducida como lo corrobora Cavazo, Pérez, y Gutiérrez, (2014) quienes argumentan que “una afectación directa del derrame de hidrocarburos es la pérdida de suelos agrícolas y su disminución de la productividad.” Por otra Bravo, (2007) con respecto al el efecto de la contaminación de derivados de hidrocarburos al suelo agrícola argumenta que “cuando los contaminantes llegan a las zonas cultivadas se registran pérdidas en las cosechas y en la fertilidad del suelo lo cual ocasiona la disminución de su productividad.”

Las especies vegetales *Ageratum conyzoides*. L y *Sida rhombifolia*. L fueron evaluadas durante el desarrollo de la presente investigación, como es el caso del porcentaje de prendimiento de las plantas utilizadas que fue del 100%, debido a la aplicación de un fertilizante orgánico Cytokin y SOL-U-GRO que contienen hormonas naturales como las citocininas y micronutrientes que promueven el brote y desarrollo de las plantas, utilizado ampliamente para el trasplante de las mismas. Determinado que el fertilizante orgánico utilizado ha influido en el prendimiento de las especies en estudio, como es el caso de la investigación llevada a cabo por Bárcenas, (2012) quien ha empleado un fertilizante orgánico “Bioplus” obteniendo un porcentaje de prendimiento hasta del 80% de sus plantas.

Con respecto a la altura de las plantas en estudio, la especie *Ageratum conyzoides*. L, en condiciones controladas durante la fase de evaluación alcanzó una altura de 64 cm a los 90 días, considerando que Kauri, (s.f) respecto a la especie analizada menciona “en condiciones normales de hábitat alcanza una

altura máxima de 1m” (pp.61-66). En cuanto a la especie *Sida rhombifolia*. L, esta alcanzó una altura de 82 cm durante el periodo de evaluación, comparado con Vibrans, (2016) quien argumenta “en condiciones normales hábitat esta especie alcanza una altura aproximada de 1.50 m” (párr. 25-42). La altura de estas dos especies vegetales fue normal con respecto al crecimiento que presentan en situaciones normales de hábitat. Otro aspecto relacionado con el crecimiento de las especies vegetales en estudio fue la aplicación del fertilizante orgánico Cytokin y SOL-U-GRO cuyos compuestos antes mencionados son persistentes en el suelo dotando a la planta de los nutrientes necesarios que les permitió continuar con su desarrollo a lo que también se suma la abundante concentración de materia orgánica presente en el suelo como lo corrobora Toledo, (2009) quien en su investigación sobre la remediación de suelos contaminados por derivados de hidrocarburos expone “es necesario la aplicación de un acondicionamiento nutritivo al suelo antes y durante la aplicación del tratamiento de fitorremediación a suelos contaminados” (p. 132). Por otra parte según Ferrera et al, (2007) en su investigación realizada con la especie *Phaseolus coccineus*. L, denota la importancia de aplicar fertilizantes en las plantas ya que estas demostraron un mejor crecimiento frente a las plantas sometidas solamente al contaminante. Concluyendo de la siguiente manera “el efecto negativo del contaminante (combustóleo), en el crecimiento de las plantas fue compensado por el fertilizante FOrg” (p. 820-824).

El porcentaje de clorosis y necrosis en la especie *Ageratum conyzoides*. L, fue del 16 y 8% respectivamente, disminuyendo las hojas con necrosis debido a la mortalidad del 25% de las plantas evaluadas. Esta especie presentó el mayor porcentaje de estas anomalías en comparación con la especie *Sida rhombifolia*. L,

que registró el 18% de clorosis y el 14% de necrosis, en esta especie vegetal no existió la mortalidad entre sus individuos. La presencia de estas anomalías se debe a que las plantas han absorbido el contaminante presente en el suelo, integrándose a su organismo como le expone Ferrera et al, (2007) “el efecto negativo que produce la absorción de los hidrocarburos en las plantas es la alteración del intercambio gaseoso lo que ocasiona la clorosis, también afectan a la membrana celular lo que ocasiona una necrosis y posteriormente la muerte de la planta”. (p. 65). Por otra parte Bárcenas, (2012) en su estudio realizado expone lo siguiente “la presencia de clorosis en las planta se debe al trauma ocasionado durante el trasplante y por la acción del contaminante” (61, 62). La presencia de necrosis se debe a las lesiones que los contaminantes causan a la planta que los absorbe en mayor porcentaje, ocasionando que estas lesiones se acumulen y provoquen la necrosis principalmente en sus hojas. Según la FAO en su investigación expone que “ el contaminante en la planta ocasiona numerosas lesiones que se unen y causan una clorosis foliar que se acentúa frecuentemente en sus bordes de hoja” (p. 48). Con respecto a la mortalidad de las especies vegetales argumenta lo siguiente “la mortalidad de las plantas se debió a la presencia de anomalías como hojas secas y ramas secas característico de la necrosis, a lo que también se suma el efecto del contaminante quien ha debilitado el organismo de las plantas” (p. 64). El porcentaje de mortalidad de la especie vegetal *Ageratum conyzoides*. L, se debe a que está planta absorbió en mayor porcentaje de los contaminantes, por tal razón su fisiología se vio gravemente afectada como lo corrobora Morales et al, (2015) quien en su investigación sobre el efecto de los hidrocarburos sobre la especie *Cyperus laxus*. L, determina “el sistema vegetal absorbió y traslado el hidrocarburo hacia sus órganos fundamentales ocasionando efectos secundarios que

provocaron la mortalidad de la especie”. Por tal razón la especie vegetal *Ageratum conyzoides*. L presentó mayor porcentaje de anomalías y mortalidad debido a que removi6 en mayor cantidad los contaminantes.

Los resultados del análisis final de los tratamientos en estudio determinaron que los parámetros Ph, Conductividad eléctrica y Plomo se encuentran en concentraciones inferiores a los límites máximos permisibles emitidos por el Ministerio del Ambiente, por lo cual estos parámetro no han influido en el desarrollo de las especies vegetales utilizadas en la presente investigación. En cuanto al porcentaje de materia orgánica presente en suelo del área de estudio fue de 8.14% encontrándose en un rango alto según la tabla de valores críticos de materia orgánica emitido por el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP), esta elevada concentración de materia orgánica se debe a la exuberante vegetación encontrada en el área de estudio permitiendo la acumulación de hojarasca y demás residuos vegetales que se degradan rápidamente por la altas temperaturas y la abundante humedad que caracteriza a la zona de estudio. La FAO, (2016) respecto a la descomposición de la materia orgánica argumenta que “es un proceso biológico llevado a cabo por los microorganismos de forma natural en el que influyen la temperatura, humedad y el oxígeno contribuyendo a la descomposición de restos animales y vegetales” (p. 4). El alto porcentaje de materia orgánica se debe también a la contaminación del suelo por derivados de hidrocarburos, estos contienen materia petrogénica compuesta principalmente de carbón e hidrógeno siendo parte de los compuestos que conforman la materia orgánica. Beltrán y Vela , (2016) respecto a este tema argumetan lo siguiente “la materia orgánica se encuentra influenciada por la suma de materia biogénica

(descomposición de especies vegetales y animales) y materia petrogénica (hidrocarburos)”.

En cuanto a la remoción de los parámetros contaminados cuya concentración inicial fue de 149921.7 mg/kg para Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH) y 15218,2 mg/kg para Grasas y Aceites, obteniendo al concluir el tratamiento de fitorremediación el 26.51% de remoción de TPH y el 25.48 % para Grasas y Aceites en el tratamiento 1 con la especie *Ageratum conyzoides*. L, disminuyendo también su concentración de materia orgánica del 8.14 al 7.22 %. En cuanto la especie *Sida rhombifolia*. L, del tratamiento 2 presentó una remoción inferior en comparación con el tratamiento 1, con un porcentaje del 16.43 para TPH y el 18.23 % para Grasas y Aceites. La reducción de la materia orgánica fue del 7.71%. La remoción de los contaminantes se debe a que las especies vegetales empleadas presentan características morfológicas que les ha permitido adaptarse a los cambios que ocurren en su hábitat, además estas especies suelen desarrollarse sitios contaminados siendo en gran parte tolerantes como lo argumenta Ming y Janick, (2016) con respecto a la especie *Ageratum conyzoides*. L “tiene una gran variación morfológica, lo cual le da una estupenda adaptabilidad a diferentes condiciones ecológicas, posee una gran capacidad para adaptarse a medios ecológicos muy diferentes, siendo muy común en hábitats perturbados por la contaminación” (párr.6).

Las raíces de estas especies son pivolentes es decir que penetran verticalmente el suelo, además presentan numerosas ramificaciones con una contextura leñosa lo que les permite remover la contaminación del suelo, como lo expone Ferrera et al, (2007) “la capacidad de las plantas para crecer en suelos

contaminados se relaciona con aspectos morfológicos y fisiológicos de la raíz que favorecen la mayor captación de agua y nutrientes lo que les permite la remoción del contaminante”

Por otra parte Bárcenas, (2012) indica que “las plantas fitorremediadoras absorben los Hidrocarburos Totales de Petróleo gracias a un mejor desarrollo de sus raíces”.(p.16). Otro aspecto importante a considerar en la remoción del contaminante es el aporte de materia orgánica en el suelo a lo que también se suma sus propiedades químicas (Ph, Conductividad eléctrica) que deben ser estables para que las plantas puedan absorber los nutrientes. Como lo argumenta Toledo, (2009) “las propiedades químicas como el ph, conductividad eléctrica y materia orgánica juegan un papel importante en la remoción del contaminante” (p.6). por otra parte Muso, (2012) menciona “el éxito de un tratamiento de fitorremediación depende de la concentración de materia orgánica que fomente la supervivencia y el crecimiento de las plantas”. En base a estos criterios se ha determinado que la materia orgánica ha influenciado en la remoción del contaminante, siendo el porcentaje de materia orgánica menor en el tratamiento 1 donde existió una mayor remoción de TPH, Grasas y Aceites, en comparación con el tratamiento 2, donde la degradación del contaminante fue menor. Por otra parte en un estudio realizado por Pulgarin, (2012) donde evalúa el porcentaje de remoción de TPH donde determina que la adición de nutrientes en el ensayo contribuyó a la remoción del contaminante de la especie *Phragmites australis* en un 37,96 % y el 23,12 % para la especie *Typha latifolia*. (pp. 10-59).

Por último es también importante mencionar que el fertilizante orgánico Cytokin y SOL-U-GRO empleado en los tratamientos en estudio influyó en las especies

vegetales *Ageratum conyzoides*. L y *Sida rhombifolia*. L, permitiéndoles un adecuado desarrollo para la remoción de los contaminantes presentes en el suelo, como lo corrobora Bárcenas, (2012) quien en su estudio argumenta “según el resultado de las pruebas aplicadas el fertilizante es útil en la captura y degradación del contaminante de hidrocarburos llevado a cabo por las plantas” (p. 71).

8. CONCLUSIONES

El suelo del área de estudio se encuentra contaminado por Hidrocarburos Totales del Petróleo (TPH) con un valor de 14921.7 mg/kg y por Grasas y Aceites con 15318.2 mg/kg. Estos valores obtenidos en el diagnóstico del suelo se encuentra sobre los límites máximos permisibles establecidos en el Acuerdo Ministerial 097, tabla 2 (criterios de remediación del suelo).

La productividad de la zona de estudio para los cultivos de yuca, plátano, maíz y caña es de 0.69 T/Ha, siendo esta producción baja en comparación con la producción nacional referente a los mismos cultivos que es de 72.47 T/Ha según el MAGAP. Esta baja productividad se debe a la contaminación presente en el suelo que no permite su aprovechamiento total para desarrollar actividades agrícolas.

Las especies vegetales empleadas en la presente investigación presentaron anomalías en su estructura como clorosis y necrosis debido a la incorporación de los contaminantes a sus órganos vitales, estas anomalías se agravaron más lo que ocasionó la mortalidad de la especie *Ageratum conyzoides*. L, en un 25%.

La materia orgánica presente en el suelo, junto a la estabilidad de los parámetros químicos como el Ph y la conductividad eléctrica influyeron en la remoción del contaminante, proporcionando los nutrientes necesarios para la supervivencia y el crecimiento de las plantas permitiéndoles de esta manera remover los contaminantes.

La especie *Ageratum conyzoides*. L, sobresalió en la remoción de TPH, Grasas y Aceites con el 26.51% y 25.48% respectivamente, frente a la baja remoción

presentada por la especie *Sida rhombifolia*. L que fue de un 16.43 para TPH y el 18.23 % para Grasas y Aceites.

El costo de remediación por hectárea con las especies *Ageratum conyzoides*. L y *Sida rhombifolia*. L, es de 1.261.13 dólares, considerando que estas especies vegetales mostraron tener un potencial fitorremediador en la remoción de derivados de hidrocarburos, además poseen una gran capacidad de adaptación a los cambios que ocurren dentro su hábitat y se propagan rápidamente, siendo resistentes a las plagas y enfermedades por lo cual no requieren de ningún tipo de cuidado siendo capaces de propagarse rápidamente.

9. RECOMENDACIONES.

Para instituciones educativas.

Realizar nuevas investigaciones con las especies *Ageratum conyzoides*. L y *Sida rhombifolia*. L, aplicadas a los mismos contaminantes del presente estudio por periodos de tiempo más prolongados que permita la remoción de la contaminación según los valores establecidos en los límites máximos permisibles del Acuerdo Ministerial 097.

Implementar tratamientos con y sin fertilizante para determinar si existen diferencias significativas en la remoción de los contaminantes presentes en el suelo, estableciendo una nueva metodología para la utilización de las especies vegetales *Ageratum conyzoides*. L y *Sida rhombifolia*. L

Emplear las especies utilizadas en la presente investigación para la remoción de nuevos contaminantes de hidrocarburos bajo dosificaciones controladas para poder establecer el nivel de tolerancia y su potencial fitorremediador.

Evaluar nuevos parámetros como el sistema radicular de las plantas en vista de que es muy importante saber la relación entre la planta, los microorganismos y el contaminante, debido a que en gran parte las especies que poseen un potencial fitorremediador se debe a que los microorganismos degradan el contaminante debido a la enzimas que secretan las raíces permitiendo su remoción.

Realizar un análisis toxicológico a las especies *Ageratum conyzoides*. L y *Sida rhombifolia*. L, para determinar la dinámica del contaminante desde el suelo hasta su eliminación a través de las plantas

Idear e implementar alternativas para el adecuado manejo de las especies utilizadas para la remoción de la contaminación ya que no pueden ser depositadas en el medio ambiente debido a su toxicidad.

Para instituciones locales

Los organismos de regulación y control de la contaminación como el Ministerio del Ambiente deben promuevan e impulsen nuevas investigaciones con las especies *Ageratum conyzoides*. L y La especie *Sida rhombifolia*. L, en sitios contaminados por derivados de hidrocarburos ya que estas especies poseen un potencial para la remoción del contaminante, teniendo en cuenta de que son especies que se dan de manera natural en cualquier hábitat siendo accesibles para su utilización.

Aplicar la normativa ambiental vigente a las lavadoras y lubricadoras para verificar que se cumpla con el Plan de Manejo Ambiental orientado a prevenir la contaminación de compuestos peligrosos al aire, agua y suelo, contribuyendo de esta manera a contrarrestar la contaminación del medio ambiente ocasionado por este tipo de actividades

Fomentar la utilización de estas especies vegetales para la restauración de suelos contaminados por HTP, Grasas y Aceites permitiendo ampliar las áreas productivas lo que benéfica a los propietarios de los terrenos perturbados por la contaminación ya que pueden realizar actividades productivas generando un nuevo ingreso económico ya sea por la venta de los productos al mercado local o por el ahorro que obtienen al destinar estos productos al consumo netamente familiar.

10. BIBLIOGRAFÍA

Agencia de Protección del Medio Ambiente. (21 de mayo de 2016). *clu-in.org*.

Obtenido de clu-in.org: <https://clu-in.org/download/remed/spansolv.pdf>

Alonso Riesco, R. (2012). *Proyecto de recuperación de suelos contaminados por hidrocarburos*. Barcelona, España. Obtenido de

https://ddd.uab.cat/pub/trerecpro/2012/hdl_2072_206396/PFC_RaquelAlonsoRiesco.pdf

Araiza Gómez, M. (16 de mayo de 2016). *Prezi*. Obtenido de Prezi:

https://prezi.com/_tb_qgd_isla/usos-industriales-de-los-hidrocarburos/

arcilloso, E. s. (15 de septiembre de 2016). *Jardín Plantas*. Obtenido de Jardín

Plantas: <http://www.citethisforme.com/es/cite/website/autocite>

Arias Jiménez, A. C. (2007). Suelos Tropicales. En A. C. Arias Jiménez, *Suelos Tropicales* (pág. 169). San José, Costa Rica: Universidad Estatal a

Distancia. Obtenido de

https://books.google.com.ec/books?id=L6TaVpWk8goC&pg=PA30&dq=Horizonte+A&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=Horizonte%20A&f=true

Arias, F. A. (2006). Química Orgánica. En F. A. Arias, *Química Orgánica* (pág. 335).

San José, Costa Rica: Universidad Estatal a Distancia. Obtenido de

https://books.google.com.ec/books?id=TL98uAXZ3JQC&pg=PA23&dq=clasificaci%C3%B3n+de+los+hidrocarburos&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=clasificaci%C3%B3n%20de%20los%20hidrocarburos&f=true

ARQHYS ARQUITECTURA. (15 de septiembre de 2016). *arqhys.com*. Obtenido de arqhys.com: <http://www.arqhys.com/general/muestreo-aleatorio-estratificado.html>

ASAGIR. (20 de agosto de 2016). *asagir.org.ar*. Obtenido de asagir.org.ar: <http://asagir.org.ar/asagir2008/fotos/vercarpeta.asp?folder=enfermedades&page=1>

Asamblea Constituyente del Ecuador. (2004). Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental. En A. C. Ecuador, *Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental* (pág. 4). Quito, Pichincha, Ecuador. Obtenido de <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEY-DE-PREVENCIÓN-Y-CONTROL-DE-LA-CONTAMINACIÓN-AMBIENTAL.pdf>

Asamblea Constituyente del Ecuador. (2008). Constitución del Ecuador. En A. C. Ecuador, *Constitución del Ecuador* (pág. 218). Montecristi, Manabí, Ecuador. Obtenido de http://www.asambleanacional.gov.ec/documentos/constitucion_de_bolsillo.pdf

Barawi, M., & García, E. (21 de mayo de 2016). *SlideShare*. Obtenido de SlideShare: <http://es.slideshare.net/renovables1213/fitorremediacion-15572424>

Bárcenas Calero, Miriam Janela. (enero de 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. *Determinación de los niveles de tolerancia a hidrocarburos y*

potencial de fitorremediación en cuatro especies vegetales nativas procedentes del sector Baeza-El Chaco, Ecuador. Quito, Pichincha, Ecuador. Obtenido de

<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5709/1/UPS-QT02528.pdf>

Barioglio, C. (2006). Diccionario de las ciencias agropecuarias. En C. Barioglio, *Diccionario de las ciencias agropecuarias* (pág. 473). Córdoba, Argentina: Encuentro. Obtenido de

https://books.google.com.ec/books?id=xzLQnBU6DOKC&pg=PA396&dq=Suelo+Franco&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=Suelo%20Franco&f=false

Barrera, J., Suárez, D., & Melgarejo, L. M. (diciembre de 2010). Análsis de crecimiento en plantas. *Análsis de crecimiento en plantas*. Colombia. Obtenido de http://www.bdigital.unal.edu.co/8545/5/04_Cap02.pdf

Bellver, E. (18 de mayo de 2016). *Tendencias.com*. Obtenido de Tendencias.com: <https://tendencias.com/author/elena>

Beltrán, O., & Vela, G. (15 de octubre de 2016). *web.uaemex.m*. Obtenido de [web.uaemex.m:](http://web.uaemex.mx/Red_Ambientales/docs/congresos/MORELOS/Extenso/CA/EC/CAC-03.pdf)
http://web.uaemex.mx/Red_Ambientales/docs/congresos/MORELOS/Extenso/CA/EC/CAC-03.pdf

Bravo, E. (2007). Los impactos de la explotación petrolera en ecosistemas tropicales y la biodiversidad. En E. Bravo, *Los impactos de la explotación petrolera en ecosistemas tropicales y la biodiversidad*. (pág. 61). Obtenido de https://www.inredh.org/archivos/documentos_ambiental/impactos_explotacion_petrolera_esp.pdf

- Casanova, E. (2005). Introducción a la Ciencia del Suelo. En E. Casanova, *Introducción a la Ciencia del Suelo* (pág. 500). Caracas, Venezuela. Obtenido de https://books.google.com.ec/books?id=k4FXuHW1ozQC&pg=PA83&dq=Horizonte+B&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=Horizonte%20B&f=false
- Casas, R. (2011). El suelo de cultivo y las condiciones climáticas. En R. Casas, *El suelo de cultivo y las condiciones climáticas* (pág. 231). Madrid, España. Obtenido de https://books.google.com.ec/books?id=h8_qVzloJ00C&pg=PA11&lpg=PA11&dq=El+suelo+es+el+resultado+de+la+transformaci%C3%B3n+en+el+transcurso+del+tiempo+del+material+geol%C3%B3gico,+se+compone+de+part%C3%ADculas+minerales,+materia+org%C3%A1nica,+agua+y+aire.+
- Cavazo, J., Pérez, B., & Mauricio, A. (2014). Afectaciones y consecuencias de los derrames de hidrocarburos en suelos agrícolas de Acatzingo, Puebla, México. En J. Cavazo, B. Pérez, & A. Mauricio, *Afectaciones y consecuencias de los derrames de hidrocarburos en suelos agrícolas de Acatzingo, Puebla, México* (pág. 12). Puebla. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/asd/v11n4/v11n4a6.pdf>
- Chew Julio. (20 de agosto de 2016). *juliochewurlescuintla.blogspot*. Obtenido de juliochewurlescuintla.blogspot.: <http://juliochewurlescuintla.blogspot.com/2013/02/clorosis-y-necrosis.html>
- Clorosis, L. (20 de octubre de 2016). *elquesiembracosecha.wordpress.com*. Obtenido de elquesiembracosecha.wordpress.com:

<https://elquesiembracosecha.wordpress.com/2013/01/08/la-clorosis-tus-plantas-podrian-tenerlo/>

Consumogusto. (17 de mayo de 2016). *consumogusto-lola.blogspot.com*. Obtenido de [consumogusto-lola.blogspot.com](http://consumogusto-lola.blogspot.com/2010/11/aceites-compuestos.html): <http://consumogusto-lola.blogspot.com/2010/11/aceites-compuestos.html>

Degradación del suelo. (18 de mayo de 2016). *oni.escuelas.edu.ar*. Obtenido de [oni.escuelas.edu.ar](http://www.oni.escuelas.edu.ar): http://www.oni.escuelas.edu.ar/2003/ENTRE_RIOS/412/Degradaci%C3%B3n%20de%20suelos.htm

Delgadillo López, A. E., González Ramírez, C. A., Prieto García, F., Villagómez Ibarra, J. R., & Acevedo Sandoval, O. (2011). Fitorremediación: Una alternativa para eliminar la contaminación. En A. E. Delgadillo López, C. A. González Ramírez, F. Prieto García, J. R. Villagómez Ibarra, & O. Acevedo Sandoval, *Fitorremediación: Una alternativa para eliminar la contaminación* (pág. 612). Hidalgo, Mexico. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/tsa/v14n2/v14n2a2.pdf>

Dircio, J. R. (14 de mayo de 2016). *elsueloequipo4.blogspot*. Obtenido de [elsueloequipo4.blogspot](http://elsueloequipo4.blogspot.com): <http://elsueloequipo4.blogspot.com/2009/02/fases-del-suelo.html>

Doménech, X., & Peral, J. (2006). Química Ambiental de Sistemas Terrestres. En X. Doménech, & J. Peral, *Química Ambiental de Sistemas Terrestres* (pág. 183). Barcelona, España: Reverté, S.A. Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=S4bjFOEXRzMC&pg=PA14&dq=Su>

elo+Arcilloso&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=Suelo%20Arcilloso
&f=false

Duche, L. (14 de mayo de 2016). *Scribd*. Obtenido de Scribd:
<https://es.scribd.com/doc/98445693/9-Fase-Gaseosa-Del-Suelo>

ECO Agricultor. (17 de mayo de 2016). *ecoagricultor.com*. Obtenido de
ecoagricultor.com: <http://www.ecoagricultor.com/la-importancia-del-suelo/>

ECO.PORTAL.NET. (17 de mayo de 2016). *ecoportal.net*. Obtenido de
ecoportal.net: http://www.ecoportal.net/Temas-Especiales/Suelos/El_suelo_como_Sistema_Ecologico

Ecu Red. (20 de agosto de 2016). *www.ecured.cu*. Obtenido de www.ecured.cu:
<https://www.ecured.cu/Clorosis>

EcuRed. (17 de mayo de 2016). *ecured.cu*. Obtenido de [ecured.cu](http://www.ecured.cu):
<https://www.ecured.cu/Fitorremediaci%C3%B3n>

EcuRed. (20 de octubre de 2016). *www.ecured.cu*. Obtenido de www.ecured.cu:
https://www.ecured.cu/Sida_rhombifolia_L.

Edafologia. (14 de mayo de 2016). *edafologia.net*. Obtenido de [edafologia.net](http://www.edafologia.net):
http://www.edafologia.net/programas_suelos/practclas/abcsol/comun/horprin.html#anchor703505

ELF. (17 de mayo de 2016). *elf.co*. Obtenido de [elf.co](http://www.elf.co): <http://www.elf.co/sobre-elf/historia-lubricantes-elf.html>

Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarrillado
y Saenamiento. (22 de mayo de 2016). *etapa.net.ec*. Obtenido de
[etapa.net.ec](http://www.etapa.net.ec): [http://www.etapa.net.ec/Productos-y-](http://www.etapa.net.ec/Productos-y)

servicios/Gesti%C3%B3n-ambiental/Gesti%C3%B3n-de-Desechos-y-Calidad-Ambiental/Programa-de-Recolecci%C3%B3n-y-Disposici%C3%B3n-de-Aceites-Usados

Enciclopedia de Clasificaciones. (17 de mayo de 2016). *tiposde.org*. Obtenido de tiposde.org: <http://www.tiposde.org/general/398-tipos-de-lubricantes/>

EPA. (2001). Factores técnicos para los sistemas fitorremediación. En EPA, *Factores técnicos para los sistemas fitorremediación* (pág. 128). Obtenido de http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/mbt/maqueda_g_ap/apen diceD.pdf

Escalone , M. (s.f.). Propiedades Físico-Químicas de los suelos. En M. Escalone, *Propiedades Físico-Químicas de los suelos* (pág. 43). Obtenido de <https://www.fing.edu.uy/sites/default/files/2012/5922/Capitulo10.pdf>

Ferlini Micheli, H., & Díaz, S. (16 de mayo de 2016). *biologiadelsueloscsudea20132.wordpress.com*. Obtenido de biologiadelsueloscsudea20132.wordpress.com: <https://biologiadelsueloscsudea20132.wordpress.com/acerca-de/>

Ferrera, R., Alarcón, A., Mendoza, M., Sangabriel3, W., Trejo, D., Cruz, S., . . . Delgadillo, J. (16 de noviembre de 2007). Fitorremediación de un suelo contaminado con combustóleo utilizando *Phaseolus coccineus* y fertilización orgánica e inorgánica. *Fitorremediación de un suelo contaminado con combustóleo utilizando Phaseolus coccineus y fertilización orgánica e inorgánica*. México. Obtenido de <http://www.colpos.mx/agrocien/Bimestral/2007/nov-dic/art-1.pdf>

- Fundación Heberto Castillo Martínez. (2009). *Foro México en la crisis alimentaria global*. Ciudad de Mexico. Obtenido de https://books.google.com.ec/books?id=UD_eCwAAQBAJ&pg=PT85&dq=sustentabilidad+del+suelo&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjji-LEhOTMAhUIMj4KHQnyBOQQ6AEIGzAA#v=onepage&q=sustentabilidad%20del%20suelo&f=true
- Garbisu, C., Epelde, L., & Becerril, J. (19 de mayo de 2016). *ecologistas en acción*. Obtenido de [ecologistas en acción: http://www.ecologistasenaccion.org/article17857.html](http://www.ecologistasenaccion.org/article17857.html)
- Geovany, J. A. (2014). Analisis de los efectos ambientales provocados por los aceites provenientes de las lubricadoras de la ciudad de Zamora, cantón Zamora. *Analisis de los efectos ambientales provocados por los aceites provenientes de las lubricadoras de la ciudad de Zamora, cantón Zamora*. Zamora, Zamora Chinchipe, Ecuador .
- Guerrero, M., Sumba, L., & Sarauz, S. (2015). *Productividad Agrícola en el Ecuador*. Quito. Obtenido de http://sinagap.agricultura.gob.ec/pdf/estudios_agroeconomicos/indice_productividad.pdf
- Guevara Pabón, M. A. (2012). Análisis de los efectos ambientales, provocados por el manejo de aceites provenientes de las lubricadoras de la ciudad de Puyo, Cantón Pastaza. *Análisis de los efectos ambientales, provocados por el manejo de aceites provenientes de las lubricadoras de la ciudad de Puyo, Cantón Pastaza*. Puyo, Pastaza, Ecuador. Obtenido de <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:7DGKHDK5AYgJ>

:repositorio.uea.edu.ec/bitstream/handle/123456789/117/GUEVARA%2520PAB%25C3%2593N%2520MAR%25C3%258DA%2520ALEXANDRA.pdf%3Fsequence%3D1%26isAllowed%3Dy+&cd=2&hl=es&ct=clnk&gl=ec

Hernández Vera, C., & Ramírez Estrada, L. (15 de mayo de 2016). *Los Hidrocarburos*. Obtenido de Los Hidrocarburos: <http://cdhv1.blogspot.com/>

Ibero-Rest . (5 de septiembre de 2016). *Ibero-Rest* . Obtenido de Ibero-Rest : <http://ibero-rest.com/el-suelo/>

Info Agro. (16 de septiembre de 2016). *infoagro.com*. Obtenido de infoagro.com: http://www.infoagro.com/hortalizas/conductividad_electrica.htm

Ingeniería Civil de el Medio Ambiente. (15 de septiembre de 2016). *Miliarium.com*. Obtenido de Miliarium.com: <http://www.miliarium.com/Proyectos/SuelosContaminados/DescontaminacionSuelos/OtrasTecnicas.asp>

Ingeniería Civil y de Medio Ambiente. (15 de septiembre de 2016). *miliarium.com*. Obtenido de miliarium.com: <http://www.miliarium.com/Proyectos/SuelosContaminados/DescontaminacionSuelos/TecnicasInSitu/TecnicasBiologicas/Fitorremediacion.asp>

Ingeniería Civil y de Medio Ambiente. (21 de mayo de 2016). *miliarium.com*. Obtenido de miliarium.com: <http://www.miliarium.com/Prontuario/TratamientoSuelos/InyeccionAire.asp>

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. (17 de mayo de 2016). *inta.gob.ar*. Obtenido de inta.gob.ar: <http://inta.gob.ar/documentos/fitoestabilizacion-como-una-alternativa-de-biorremediacion-de-depositos-de-relaves>

Jiménez, P., & Hernández, S. (2008). *Módulo: Agrotecnología*. Recuperado el 17 de mayo de 2016, de http://servicios.educarm.es/templates/portal/ficheros/websDinamicas/20/su_ehos_tema_1.pdf

Julca Otiniano, A., Meneses Florián, L., Blas Sevillano, R., & Bello Amez, S. (2006). La materia orgánica, importancia y experiencia de uso en la agricultura. En A. Julca Otiniano, L. Meneses Florián, R. Blas Sevillano, & S. Bello Amez, *La materia orgánica, importancia y experiencia de uso en la agricultura* (pág. 15). Obtenido de http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292006000100009

Jumbo, J. G. (2014). *“Análisis de los efectos ambientales, provocados por los aceites provenientes de las lubricadoras de la ciudad de Zamora, cantón Zamora”*. Zamora, Zamora Chinchipe, Ecuador.

Kauri, S. (s.f.). *Ageratum conyzoides: an Alien Invasive Weed in India*. En S. Kauri, *Ageratum conyzoides: an Alien Invasive Weed in India* (pág. 20). Obtenido de <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:nlpSARBR06QJ:www.cabi.org/isc/fulltextpdf/2011/20113382170.pdf+&cd=8&hl=es&ct=clnk&gl=ec>

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (16 de octubre de 2016). *fao.org*. Obtenido de [fao.org: http://www.fao.org/ag/Ca/Training_Materials/CD27-Spanish/ba/organic_matter.pdf](http://www.fao.org/ag/Ca/Training_Materials/CD27-Spanish/ba/organic_matter.pdf)

- Laura Pla. (12 de septiembre de 2016). *Scielo.org.ve*. Obtenido de Scielo.org.ve:
http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0378-18442006000800008&script=sci_arttext
- Limoso, S. (15 de septiembre de 2016). *Ecured.cu*. Obtenido de Ecured.cu:
https://www.ecured.cu/Suelo_limoso
- López Martínez, S., Gallegos Martínez, P., Pérez Flores, & Gutiérrez Rojas, M. (2005).
MOLÉCULAS ORGÁNICAS XENOBIÓTICAS. En S. López Martínez, G. Martínez, P. Flores, & M. Gutiérrez Rojas, *MOLÉCULAS ORGÁNICAS XENOBIÓTICAS* (pág. 100). Obtenido de [file:///E:/Users/Rivas-PC/Downloads/22565-39062-1-PB%20\(1\).pdf](file:///E:/Users/Rivas-PC/Downloads/22565-39062-1-PB%20(1).pdf)
- Mamani, W., Suárez, N., & García, C. (2003). *Contaminación del Agua e Impactos por Actividad Hidrocarburífera en Aguarague*. La Paz. Obtenido de [https://books.google.com.ec/books?id=1-QU0Xw9VXwC&pg=PA17&dq=contaminacion+del+ambiente+por+los+idrcarbuos&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=contaminacion%20del%20ambiente%20por%20los%20idrcarbuos&f=true](https://books.google.com.ec/books?id=1-QU0Xw9VXwC&pg=PA17&dq=contaminacion+del+ambiente+por+los+idrc+arbuos&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=contaminacion%20del%20ambiente%20por%20los%20idrcarbuos&f=true)
- Martínez, J., Mallo, M., Lucas, R., Álvarez, J., Salvarrey, A., & Gristo, P. (2005).
Guía para la gestión integral de residuos peligrosos. En J. Martínez, M. Mallo, R. Lucas, J. Álvarez, A. Salvarrey, & P. Gristo, *Guía para la gestión integral de residuos peligrosos* (pág. 140). Montevideo. Obtenido de http://www.ccbasilea-crestocolmo.org.uy/wp-content/uploads/2010/11/gestion_r02-fichas_tematicas.pdf
- Méndez Estrada, V. H., & Monge Nájera, J. (2007). Historia Natural. En V. H. Méndez Estrada, & J. Monge Nájera, *Historia Natural* (pág. 202). San José:

Universidad Estatal a Distancia. Obtenido de https://books.google.com.ec/books?id=EnsP16QoBXUC&pg=PA41&dq=Suelo+Limoso&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=Suelo%20Limoso&f=false

Mendoza, Z. A. (2010). Análisis de la Información Botánica. En Z. A. Ph.D, *Índices que indican riqueza biológica* (pág. 18). Loja.

Mentaberry, A. (2011). Agrobiotecnología. En A. Mentaberry, *Agrobiotecnología* (pág. 63). Buenos Aires. Obtenido de http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/IQM_fitorremediacion_argentina_25620.pdf

Ming, & Janick. (5 de septiembre de 2016). *hort.purdue.edu*. Obtenido de [hort.purdue.edu: https://hort.purdue.edu/newcrop/proceedings1999/v4-469.html](https://hort.purdue.edu/newcrop/proceedings1999/v4-469.html)

Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2015). Acuerdo Ministerial 097. En M. d. Ecuador, *Acuerdo Ministerial 097* (pág. 184). Quito, Pichincha, Ecuador.

Motor Giga. (22 de mayo de 2016). *diccionario.motorgiga.com*. Obtenido de [diccionario.motorgiga.com: http://diccionario.motorgiga.com/diccionario/aceites-definicion-significado/gmx-niv15-con29.htm](http://diccionario.motorgiga.com/diccionario/aceites-definicion-significado/gmx-niv15-con29.htm)

Mulas Fernández, R. (15 de septiembre de 2016). Obtenido de http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/IQM_fitorremediacion_Valladolid_25615.pdf

Municipio del Distrito Metropolitano de Quito. (agosto de 2008).

hwebcache.googleusercontent.com. Obtenido de

hwebcache.googleusercontent.com:

<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:kHSQoQPStx8J:>

[www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/index.php/biblioteca-](http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/index.php/biblioteca-digital/category/7-calidad-ambiental%3Fdownload%3D53:guia-de-practicas-ambientales-mecanicas+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=ec)

[digital/category/7-calidad-ambiental%3Fdownload%3D53:guia-de-](http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/index.php/biblioteca-digital/category/7-calidad-ambiental%3Fdownload%3D53:guia-de-practicas-ambientales-mecanicas+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=ec)

[practicas-ambientales-mecanicas+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=ec](http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/index.php/biblioteca-digital/category/7-calidad-ambiental%3Fdownload%3D53:guia-de-practicas-ambientales-mecanicas+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=ec)

Muso Chachumba, J. J. (2012). Determinación de la capacidad fitorremediadora de

cadmio del Camacho (*Xanthosoma undipes* Koch) especie vegetal nativa del

área de influencia de EP Petroecuador en el distrito Amazónico. En J. J. Muso

Chachumba, *Determinación de la capacidad fitorremediadora de cadmio del*

Camacho (Xanthosoma undipes Koch) especie vegetal nativa del área de

influencia de EP Petroecuador en el distrito Amazónico. (pág. 133).

Sangolquí.

Obtenido

de

<http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/6255/1/T-ESPE-040215.pdf>

Núñez López, R. A., Meas Vong, Y., Ortega Borges, R., & Iguín, E. (2004).

Fitorremediación: Aplicaciones y Fundamentos. En R. A. Núñez López, Y.

Meas Vong, R. Ortega Borges, & E. Iguín, *Fitorremediación: Aplicaciones y*

Fundamentos

(pág.

82).

Obtenido

de

<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:k5ZJJZqFXoJ:d>

[atateca.unad.edu.co/contenidos/301332/CORE_2013/Actividad_7.pdf+&cd](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:k5ZJJZqFXoJ:d)

[=4&hl=es&ct=clnk&gl=ec](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:k5ZJJZqFXoJ:d)

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura . (5 de octubre de 2016). *fao.org*. Obtenido de *fao.org*:
<http://www.fao.org/docrep/006/w1309s/w1309s04.htm#TopOfPage>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura. (16 de mayo de 2016). *fao.org*. Obtenido de *fao.org*:
<http://www.fao.org/docrep/006/w1309s/w1309s04.htm>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (1999). Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. En N. U. Agricultura, *Base Referencial Mundial del Recurso Suelo* (pág. 90). Roma. Obtenido de https://books.google.com.ec/books?id=YE6q_jbcp2QC&pg=PA85&dq=Horizonte+O&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=Horizonte%20O&f=true

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (12 de junio de 2015). *www.fao.org*. Obtenido de *www.fao.org*:
<http://www.fao.org/WAICENT/faoinfo/economic/faodef/FAODEFS/H232F.HTM>

Orzanización InspirAction. (21 de mayo de 2016). *inspiraction.org*. Obtenido de *inspiraction.org*:
<https://www.inspiration.org/cambio-climatico/contaminacion/contaminacion-del-aire>

Padial, J. (17 de mayo de 2016). *curiosoando*. Obtenido de *curiosoando*:
<https://curiosoando.com/que-es-un-aceite-mineral>

Palma Rivera, M. (17 de mayo de 2016). *SlideShare*. Obtenido de SlideShare:
<http://es.slideshare.net/marxelitahpurostyle/lubricantes-y-lubricacin>

Perdomo, C. (2008). Nitrógeno. En C. Perdomo, *Nitrógeno* (pág. 74). Montevideo.

Obtenido de <http://www.fagro.edu.uy/fertilidad/publica/Tomo%20N.pdf>

Pérez, Juan David. (21 de Mayo de 2016). *Xataka Ciencia*. Obtenido de Xataka

Ciencia: <http://www.xatakaciencia.com/medio-ambiente/contaminacion-de-hidrocarburos>

Petenello , M. C., & Feldman, S. R. (2012). Evaluación de la tolerancia a suelos

contaminados con caeite diesel en especies vegetales con potencial biorremediador. En M. C. Petenello, & S. R. Feldman, *Evaluación de la tolerancia a suelos contaminados con caeite diesel en especies vegetales con potencial biorremediador*. Argentina. Obtenido de

<http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/actabiol/article/view/29515/39203>

Pirámide Informativa . (17 de mayo de 2016). *piramideinformativa.com*. Obtenido

de piramideinformativa.com:

<http://piramideinformativa.com/2013/07/conservacion-de-suelos-manejo-sustentable-del-suelo-agua-y-agricultura/>

PI@ntNet. (20 de agosto de 2016). *publish.plantnet-project.org*. Obtenido de

publish.plantnet-project.org: [http://publish.plantnet-](http://publish.plantnet-project.org)

[project.org/project/riceweeds_es/collection/collection/information/details/AGECO](http://publish.plantnet-project.org/project/riceweeds_es/collection/collection/information/details/AGECO)

Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2003). *GEO América*

Latina y el Caribe Perspectivas del Medio Ambiente. San José, Costa Rica.

Obtenido de https://books.google.com.ec/books?id=ppYUWpsGxUYC&pg=PA44&dq=que+es+la+degradaci%C3%B3n+del+suelo&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=one

https://books.google.com.ec/books?id=ppYUWpsGxUYC&pg=PA44&dq=que+es+la+degradaci%C3%B3n+del+suelo&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=one

page&q=que%20es%20la%20degradaci%C3%B3n%20del%20suelo&f=false

Pulgarin, M. (2012). Evaluación de la fitorremediación como alternativa de tratamiento de sedimentos contaminados con hidrocarburos procedentes de las estaciones de servicio en Risaralda. En M. Pulgarin, *Evaluación de la fitorremediación como alternativa de tratamiento de sedimentos contaminados con hidrocarburos procedentes de las estaciones de servicio en Risaralda* (pág. 66). Pereira.

Red Agraria. (17 de mayo de 2016). *redagraria.com*. Obtenido de redagraria.com:
http://www.redagraria.com/agricultura%20organica/01-04_benf_sust.html

Riley, M., Williamson, M., & Maloy, O. (17 de septiembre de 2016). *apsnet.org*.
 Obtenido de www.apsnet.org:
<http://www.apsnet.org/edcenter/intropp/topics/Pages/DiagnosticoEnfermedadesPlantas.aspx>

Rodríguez Muñoz, L. P. (2008). *Evaluación de dos sustratos en la técnica de Landfarming para el tratamiento de suelos contaminados con hidrocarburos*.
 Riobamba, Ecuador. Obtenido de
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/227/1/236T0011.pdf>

Scribd. (17 de mayo de 2016). *es.scribd.com*. Obtenido de es.scribd.com:
<https://es.scribd.com/doc/38956579/CLASES-DE-SUELOS>

Sociedad Nacional de Minería Petróleo y Energía. (6 de septiembre de 2015).
snmpe.org.pe. Obtenido de www.snmpe.org.pe:
<http://www.snmpe.org.pe/pdf/Informe-Quincenal-Hidrocarburos-Los-hidrocarburos.pdf>

Stocking, M., & Mugagan, N. (2003). *Evaluación de Campo de la Degradación de la Tierra*. Madrid, España: Mundi-Prensa. Obtenido de https://books.google.com.ec/books?id=ADUTrX6Rx0kC&printsec=frontcover&dq=consecuencias+de+la+degradacion+del+suelo&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q&f=true

Suelo, E. (15 de septiembre de 2016). *Biogeotesttoni.blogspot.com*. Obtenido de [Biogeotesttoni.blogspot.com: http://biogeotesttoni.blogspot.com/2015/06/2-ctm-el-suelo.html](http://biogeotesttoni.blogspot.com/2015/06/2-ctm-el-suelo.html)

Techos Verdes. (13 de septiembre de 2016). *techosverdes.com.pe*. Obtenido de [techosverdes.com.pe: http://www.techosverdes.com.pe/como-calcular-la-cantidad-de-riego-para-nuestras-plantas-399-n.html](http://www.techosverdes.com.pe/como-calcular-la-cantidad-de-riego-para-nuestras-plantas-399-n.html)

Thompson, L., & Troeh, F. (2002). Los suelos y su fertilidad. En L. Thompson, & F. Troeh, *Los suelos y su fertilidad* (pág. 609). Barcelona, España: Reverté, S.A. Obtenido de https://books.google.com.ec/books?id=AegjDhEIVAQC&pg=PA37&dq=Suelo+de+turba&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=Suelo%20de%20turba&f=false

Toledo Morán, B. K. (2009). *Aplicación de Procesos Biológicos como medida de Remediación para recuperar suelo Limo- Arcillosos contaminados con Gasolina*. Guyaquil. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6279/2/remediacion%20de%20suelos%20por%20procesos%20biologicos.pdf>

Topanta Vera, M. I. (17 de mayo de 2016). *webcache.googleusercontent.com*. Obtenido de [webcache.googleusercontent.com:](http://webcache.googleusercontent.com)

<https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:U-4YcuX6hTQJ:https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6161/2/GRASASYACEITES.doc+&cd=7&hl=es&ct=clnk&gl=ec>

Trujillo Cruz, J. V., & Suntaxi LLumiQuinga, R. O. (febrero de 2009). Levantamiento del catastro de generadores, diseño de un plan de recolección y alternativas para la disposición final de los aceites usados en el cantón Rumiñahui-Provincia de Pichincha. *Levantamiento del catastro de generadores, diseño de un plan de recolección y alternativas para la disposición final de los aceites usados en el cantón Rumiñahui-Provincia de Pichincha*. Quito, Pichincha, Ecuador. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1165/1/CD-2003.pdf>

Universidad de Arizona. (15 de septiembre de 2016). *Superfund.arizona.edu*. Obtenido de [Superfund.arizona.edu: https://superfund.arizona.edu/content/43123-fitodegradaci%C3%B3n](https://superfund.arizona.edu/content/43123-fitodegradaci%C3%B3n)

Universidad Nacional Abierta y a Distancia de Colombia. (14 de mayo de 2016). *datateca.unad.edu.co*. Obtenido de [datateca.unad.edu.co: http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358013/ContenidoEnLinea/leccin_4_perfil_y_composicin_del_suelo.html](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358013/ContenidoEnLinea/leccin_4_perfil_y_composicin_del_suelo.html)

Universidad Nacional Abierta y a Distancia de Colombia. (16 de mayo de 2016). *datateca.unad.edu.co/*. Obtenido de [datateca.unad.edu.co/: http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358013/ContenidoEnLinea/leccin_4_perfil_y_composicin_del_suelo.html](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358013/ContenidoEnLinea/leccin_4_perfil_y_composicin_del_suelo.html)

Vargas, B. (15 de septiembre de 2016). *SlideShare*. Obtenido de SlideShare: <http://es.slideshare.net/briggithvargas/suelos-y-plantas-54046577>

- Vázquez Guillén , J. J. (2013). *Gestión Integral del Aceite Automotor Reciclable en Cuenca. Gestión Integral del Aceite Automotor Reciclable en Cuenca.* Cuenca, Azuay, Ecuador. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/546/1/TESIS.pdf>
- Velarde, F. G. (2011). *Preparación del medio de cultivo.* España: Paraninfo, S.A. Obtenido de https://books.google.com.ec/books?id=sx8DEqKFaIwC&pg=PA22&dq=fertilidad+del+suelo&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=fertilidad%20del%20suelo&f=true
- Vibrans, H. (5 de septiembre de 2016). *conabio.gob.* Obtenido de conabio.gob: <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/malvaceae/sida-rhombifolia/fichas/ficha.htm>
- Zamora, A., Ramos, J., & Arias , M. (2012). Efecto de la contaminación por hidrocarburos sobre algunas propiedades químicas y microbiológicas de un suelo de Sabana. En A. Zamora, J. Ramos, & M. Arias, *Efecto de la contaminación por hidrocarburos sobre algunas propiedades químicas y microbiológicas de un suelo de Sabana* (pág. 8). Obtenido de <http://www.scielo.org.ve/pdf/ba/v24n1/art02.pdf>
- Zamudio, T. (15 de mayo de 2016). *tesis.bioetica.* Obtenido de tesis.bioetica.: <http://tesis.bioetica.org/pab2-1.htm>

11. ANEXOS

Anexo 1. Niveles críticos de materia orgánica.

1.1.4. Interpolación

El interpolador utilizado fue krging ordinario. Los niveles críticos para la interpretación de los análisis de suelos se presentan en los cuadros 3, 4, 5 y 6.

Tabla 3. Niveles críticos para el pH.

pH	Interpretación	Siglas
< 5.5	Acido	Ac
5.5 - 6.5	Ligeramente acido	L Ac
6.5 - 7.5	Prácticamente neutro	PN
7.0	Neutro	N
7.5 - 8.0	Ligeramente alcalino	L Al
> 8.0	Alcalino	Al

Fuente: INIAP 2011

Tabla 4. Niveles críticos para la materia orgánica.

Materia orgánica (%)	Interpretación	Siglas
< 3.0	Bajo	B
3.0 - 5.0	Medio	M
> 3.0	Alto	A

Fuente: INIAP 2011

Tabla 5. Niveles críticos para el fósforo.

Fósforo (ppm)	Interpretación	Siglas
< 10.0	Bajo	B
10.0 - 20.0	Medio	M
> 20.0	Alto	A

Fuente: INIAP 2011

Anexo 2. Registro del prendimiento de las plantas en los primeros 15 días.

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA			
Carrera de Ingeniería en el Manejo y Conservación del Medio Ambiente					
Proyecto: “IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DEL POTENCIAL FITORREMIADOR DE ESPECIES VEGETALES PRESENTES EN EL SUELO CONTAMINADO POR GRASAS Y ACEITES LUBRICANTES EN LA LAVADORA Y LUBRICADORA MARIFER DE LA CIUDAD DE ZAMORA.”					
Registro del porcentaje prendimiento de las plantas utilizadas en el tratamiento en estudio				Fecha: 15 de mayo del 2016	
Tiempo de tratamiento: Evaluación los primeros 15 días del mes de Mayo					Hora 16H00
Tratamiento 1		Tratamiento 2		N° de plantas	Porcentaje de prendimiento
<i>Ageratum conyzoides. L</i>		<i>Sida rhombifolia. L</i>			
Repetición 1	Repetición 2	Repetición 1	Repetición 2	64	100%
16	16	16	16		

Anexo 3. Evaluación del crecimiento de la especie vegetal *Ageratum conyzoides*. L

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA						
Carrera de Ingeniería en el Manejo y Conservación del Medio Ambiente						
Proyecto: "IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DEL POTENCIAL FITORREMIADOR DE ESPECIES VEGETALES PRESENTES EN EL SUELO CONTAMINADO POR GRASAS Y ACEITES LUBRICANTES EN LA LAVADORA Y LUBRICADORA MARIFER DE LA CIUDAD DE ZAMORA."						
Registro de altura de las plantas utilizadas en el tratamiento de fitorremediación.				Unidad de medida: Cm	Fecha: 15 de mayo al 30 de Julio del 2016	
				Especie: <i>Ageratum conyzoides</i> . L		
Tratamiento 1	Repetición 1		Tiempo de tratamiento: Evaluación cada 15 días durante 3			Hora 16H00
Nº de plantas	Mayo		Junio		Julio	
1	26	33	40	47	52	●
2	27	34	41	48	55	62
3	27	33	41	49	54	●
4	28	35	42	50	55	●
5	27	34	42	49	56	63
6	26	34	41	50	57	64
7	26	33	42	49	54	●
8	30	38	45	51	58	65
9	30	37	44	52	59	66
10	27	34	41	49	53	●
Repetición 2						
1	25	30	38	46	54	61
2	26	33	41	48	53	●
3	27	34	41	49	56	63
4	26	34	43	50	55	●
5	27	34	41	48	55	64
6	27	33	42	49	54	●
7	26	34	41	48	55	62
8	29	36	44	51	59	67
9	30	36	45	52	57	●
10	29	35	43	50	57	65

Anexo 4. Evaluación del crecimiento de la especie vegetal *Sida rhombifolia*. L

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA						
Carrera de Ingeniería en el Manejo y Conservación del Medio Ambiente						
Proyecto: "IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DEL POTENCIAL FITORREMIADOR DE ESPECIES VEGETALES PRESENTES EN EL SUELO CONTAMINADO POR GRASAS Y ACEITES LUBRICANTES EN LA LAVADORA Y LUBRICADORA MARIFER DE LA CIUDAD DE ZAMORA."						
Registro de altura de las plantas utilizadas en el tratamiento de fitorremediación.				Unidad de medida: Cm	Fecha: 15/05 al 30/06 del 2016	
				Especie: <i>Sida rhombifolia</i> . L		
Tratamiento 2	Repetición 1	Tiempo de tratamiento: Evaluación cada 15 días durante 3			Hora 17H00	
Nº de plantas	Mayo		Junio		Julio	
1	28	37	48	58	68	78
2	29	40	49	59	69	79
3	28	38	50	59	68	78
4	29	40	50	60	71	80
5	28	39	49	60	70	81
6	29	40	51	61	70	79
7	30	39	50	59	69	80
8	28	38	48	60	70	81
9	30	40	51	61	71	81
10	29	39	49	59	69	79
Repetición 2						
1	29	38	49	59	70	81
2	30	39	50	60	71	82
3	30	40	49	59	70	82
4	29	41	51	60	72	81
5	29	39	50	61	71	83
6	30	40	51	60	73	82
7	30	40	51	61	72	84
8	29	39	49	60	72	85
9	31	41	51	61	71	83
10	32	41	51	62	73	86

Anexo 5. Registro de la presencia de clorosis y necrosis en las hojas de la especie vegetal *Ageratum conyzoides*. L

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA										
		Carrera de Ingeniería en el Manejo y Conservación del Medio Ambiente										
Proyecto: "IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DEL POTENCIAL FITORREMEDIADOR DE ESPECIES VEGETALES PRESENTES EN EL SUELO CONTAMINADO POR GRASAS Y ACEITES LUBRICANTES EN LA LAVADORA Y LUBRICADORA MARIFER DE LA CIUDAD DE ZAMORA."												
Registro de la presencia de clorosis y necrosis				Unidad de medida: Conteo de hojas.				Fecha: 15/05 al 30/06 del 2016				
								Especie: <i>Ageratum conyzoides</i> . L				
Tratamiento 1	Repetición 1			Tiempo de tratamiento: Evaluación cada 15 días durante 3 meses					Hora 17H00			
N° de plantas	Mayo				Junio				Julio			
	Clorosis		Necrosis		Clorosis		Necrosis		Clorosis		Necrosis	
1	1	2	0	1	3	4	2	2	5	6	3	●
2	1	3	0	1	4	5	3	3	6	6	4	6
3	1	3	1	1	2	4	2	3	5	5	4	●
4	0	3	0	1	2	5	3	4	6	6	5	●
5	1	2	1	1	2	6	2	4	6	6	5	6
6	1	2	0	2	3	4	3	3	5	5	4	6
7	0	3	1	1	3	5	3	4	6	6	5	●
8	1	3	1	1	3	5	2	3	6	7	4	5
9	2	2	0	2	4	4	4	4	5	6	5	●

10	1	3	1	1	3	4	3	4	5	5	4	5
Repetición 2												
	Clorosis		Necrosis		Clorosis		Necrosis		Clorosis		Necrosis	
1	2	2	1	1	3	4	2	2	5	6	3	4
2	1	2	0	2	3	5	2	3	6	6	4	5
3	0	2	0	1	2	4	1	3	5	6	4	5
4	1	2	1	2	3	5	2	4	6	6	5	6
5	1	2	0	1	2	5	2	4	6	6	5	•
6	0	2	1	2	3	5	2	3	5	5	4	•
7	1	2	1	2	3	6	2	3	5	6	5	6
8	1	2	0	1	3	5	1	3	6	7	4	•
9	2	2	1	2	3	5	3	3	5	6	5	5
10	1	3	1	2	4	4	3	3	5	5	4	6

Anexo 6. Registro de la presencia de clorosis y necrosis en las hojas de la especie vegetal *Sida rhombifolia*. L

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA											
		Carrera de Ingeniería en el Manejo y Conservación del Medio Ambiente											
Proyecto: "IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DEL POTENCIAL FITORREMIADOR DE ESPECIES VEGETALES PRESENTES EN EL SUELO CONTAMINADO POR GRASAS Y ACEITES LUBRICANTES EN LA LAVADORA Y LUBRICADORA MARIFER DE LA CIUDAD DE ZAMORA."													
Registro de la presencia de clorosis y necrosis				Unidad de medida: Conteo de hojas.				Fecha: 15/05 al 30/06 del 2016					
								Especie: <i>Sida rhombifolia</i> . L					
Tratamiento 2		Repetición 1		Tiempo de tratamiento: Evaluación cada 15 días durante 3 meses						Hora 17H00			
N° de plantas		Mayo				Junio				Julio			
		Clorosis		Necrosis		Clorosis		Necrosis		Clorosis		Necrosis	
1		0	0	0	0	2	3	1	3	4	5	3	4
2		0	1	0	0	1	2	1	2	3	4	3	4
3		1	1	0	0	2	2	1	3	4	5	3	5
4		0	0	0	1	1	3	2	3	4	5	4	4
5		0	1	0	0	1	3	1	3	3	6	3	4
6		1	1	0	1	2	3	2	3	4	5	3	4
7		0	1	0	1	2	2	3	2	4	4	4	4
8		0	1	0	1	1	3	1	3	3	5	4	5
9		0	1	0	2	2	3	2	4	4	6	5	4

10	0	1	0	1	2	2	2	3	4	7	5	5
Tratamiento 2							Repetición 2					
	Clorosis		Necrosis		Clorosis		Necrosis		Clorosis		Necrosis	
1	0	1	0	0	2	4	2	3	5	6	3	4
2	1	1	0	0	3	5	3	3	5	5	3	4
3	0	2	0	0	3	5	3	3	6	6	4	5
4	0	2	0	0	4	4	2	3	5	5	4	5
5	0	2	0	0	3	5	2	4	6	6	4	4
6	1	1	0	0	4	5	3	3	5	6	3	3
7	1	2	0	0	3	4	2	4	5	6	3	4
8	1	2	0	0	4	4	2	3	6	6	4	4
9	0	2	0	0	3	3	2	3	5	5	3	4
10	1	3	0	0	4	4	2	3	6	6	4	4

Anexo 7. Registro de mortalidad de las especies vegetales.

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA				
Carrera de Ingeniería en el Manejo y Conservación del Medio Ambiente						
Proyecto: "IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DEL POTENCIAL FITORREMIADOR DE ESPECIES VEGETALES PRESENTES EN EL SUELO CONTAMINADO POR GRASAS Y ACEITES LUBRICANTES EN LA LAVADORA Y LUBRICADORA MARIFER DE LA CIUDAD DE ZAMORA."						
Registro de la mortalidad de las especies vegetales.			Unidad de medida: Unidad	Fecha: 15/05 al 30/06 del 2016		
			Especie: <i>Ageratum conyzoides</i> . L			
N° de plantas	Repeticón 1		Tiempo de tratamiento: Evaluación cada 15 días durante 3		Hora 17H00	
	Mayo		Junio		Julio	
1	0	0	0	0	0	1
2	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	1
4	0	0	0	0	0	1
5	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	1
8	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	1
10	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0
Repeticón 2						
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	1

6	0	0	0	0	0	1
7	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	1
9	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0

Anexo 8. Productividad agrícola en el Ecuador.


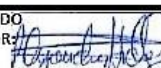
Producto	Rendimientos (t/ha)				
	2013	2014*	2015*	Var ²	Var ³
Arroz (en cáscara)	3.82	3.88	3.72	-4.1%	-2.6%
Arveja Seca (grano seco)	0.32	0.34	0.37	7.8%	13.9%
Arveja Tierna (en vaina)	0.95	1.11	1.08	-2.6%	13.5%
Banano (fruta fresca)	31.78	33.93	34.26	1.0%	7.8%
Cacao (almendra seca) ¹	0.44	0.41	0.44	9.1%	0.002%
Café (grano oro)	0.13	0.14	0.16	19.1%	28.3%
Caña de Azúcar para Azúcar (tallo fresco)	70.88	69.67	63.46	-8.9%	-10.5%
Cebada (grano seco)	0.80	0.77	0.80	3.1%	-0.8%
Fréjol Seco (grano seco)	0.33	0.30	0.31	3.3%	-3.7%
Fréjol Tierno (en vaina)	0.47	0.43	0.36	-16.7%	-24.6%
Haba Seca (grano seco)	0.38	0.63	0.72	15.1%	90.4%
Haba Tierna (en vaina)	0.80	0.92	0.92	0.0%	14.5%
Maíz Duro Choclo (en choclo)	0.66	0.69	0.61	-11.7%	-8.5%
Maíz Duro Seco (grano seco) ¹	4.42	5.05	5.72	13.3%	29.5%
Maíz Suave Choclo (en choclo)	1.21	1.27	1.25	-1.5%	3.6%
Maíz Suave Seco (grano seco)	0.54	0.55	0.56	1.2%	4.6%
Maracuyá (fruta fresca)	3.92	3.44	3.32	-3.5%	-15.3%
Naranja (fruta fresca)	2.42	2.32	2.32	0.0%	-4.0%
Palma Africana (fruta fresca) ¹	11.35	13.41	12.05	-10.2%	6.2%
Papa (tuberculo fresco)	7.31	7.29	7.29	0.0%	-0.4%
Plátano (fruta fresca)	4.96	4.96	4.89	-1.3%	-1.3%
Tomate de Árbol (Fruta Fresca)	4.43	4.71	5.02	6.4%	13.2%
Tomate Rifión (Fruta Fresca)	9.90	19.39	18.85	-2.8%	90.4%
Trigo (grano seco)	0.71	0.82	0.82	-0.5%	15.9%
Yuca (raíz fresca)	2.51	2.75	3.04	10.6%	21.2%

Fuente: ESPAC-INEC


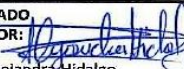
¹Rendimientos ajustados en base a exportaciones, producción y rendimientos de diversas fuentes (BCE, FEDAPALM, MAGAP)²Variación del 2015 con respecto a 2014³Variación del 2015 con respecto a 2013

* Proyecciones


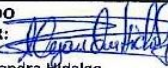
Anexo 9. Resultados del análisis inicial del suelo.

 <p>Accreditación N° DME LE 5 12498 LABORATORIO DE SUELOS</p>	ANALÍTICA AVANZADA - ASESORÍA Y LABORATORIOS ANAVANLAB CIA. LTDA.				Muestra AAALab No: 4052-3 Pág 1 de 1	
	La Primavera 1, Leonardo Da Vinci S6-236 y Alberto Durero, Cumbayá. Contactos: 3550122 / 5143303 / servicioalcliente@aaalab.com.ec					
INFORME DE RESULTADOS No. 4052-3						
1.- DATOS GENERALES						
CLIENTE:	JUAN CARLOS RIVAS RODRIGUEZ			TELÉFONO:	02 606308	
DIRECCIÓN:	ZAMORA BARRIO SANTA ELENA			ATENCIÓN A:	Sr. Juan Carlos Rivas	
2. INFORMACION DE LA MUESTRA						
INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE		LUGAR DE MUESTREO:	Junto a Lubricadora Marifer		
TIPO DE MUESTRA:	SUELO		FECHA DE MUESTREO:	15/04/2016		
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: (Dada por el cliente)	Análisis Inicial		RESPONSABLE DEL MUESTREO:	JUAN CARLOS RIVAS RODRIGUEZ		
FECHA DE RECEPCIÓN MUESTRA:	18/4/2016		PERÍODO DE REALIZACIÓN DE ANÁLISIS:	19/04/2016 al 29/09/2016		
3. RESULTADOS:						
Norma de Comparación: TULAS, AM097, ANEXO 2, TABLA 1. CRITERIOS DE CALIDAD DEL SUELO						
AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	VALORES DE NORMA	CUMPLIMIENTO
(*)	Aceites y Grasas	SM 5520 C	mg/kg	15318,2	NA	
(*)	Conductividad Eléctrica	EPA 9050A	uS/cm	112,9	200,0	CUMPLE
2	Materia Orgánica	Walkley y Black	%	8,14	NA	
1	pH	AAA-PE-S014	unid pH	6,5	6,0 - 8,0	CUMPLE
1	Plomo	AAA-PE-S011	mg/kg	< 19	19,0	CUMPLE
1	Hidrocarburos Totales de Petróleo	AAA-PE-S008	mg/kg	14921,7	150,0	NO CUMPLE
NOTAS:						
AA (Acreditaciones):		Los valores de incertidumbre de los parámetros analizados, se encuentran disponibles en el laboratorio. Se reporta la incertidumbre cuando ésta afecta al análisis de cumplimiento con la norma de comparación o cuando el cliente lo solicita.				
1: Ensayos que se encuentran dentro del alcance de acreditación SAE.		N2: No es posible evaluar el cumplimiento debido a que el límite superior del método es inferior a la norma				
(*): Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación SAE.		N3: No es posible evaluar el cumplimiento debido a que el límite de cuantificación del método es superior a la norma				
2: Ensayos subcontratados. En el apartado de observaciones se indica el laboratorio subcontratado. ANAVANLAB asume la responsabilidad por los análisis subcontratados.						
El presente informe solo afecta a la muestra analizada.		Procedimiento de Toma de muestra utilizado por ANAVANLAB: AAA-PI-AD03 / AAA-PI-5001				
Se prohíbe su reproducción total o parcial sin autorización de ANAVANLAB CIA LTDA.						
4. OBSERVACIONES				INFORME APROBADO Y AUTORIZADO POR:		
Materia Orgánica realizado en AGROCALIDAD. Resultado fuera de rango acreditado Plomo < 20 mg/L "Identificación y Evaluación del potencial fitorremediador de especies vegetales presentes en el suelo contaminado por grasas y aceites lubricantes en la Lavadora, Vulcanizadora y Lubricadora Marifer de la ciudad de Zamora				 Lcda. Alejandra Hidalgo Gerente Técnica ANAVANLAB CIA. LTDA. Quito, 3 de octubre del 2016		

Anexo 10. Resultado de análisis de tratamiento 1, con la especie vegetal *Ageratum conyzoides. L*

		ANALÍTICA AVANZADA - ASESORÍA Y LABORATORIOS ANAVANLAB CIA. LTDA.		Muestra AAALab No: 4052-1 Pág 1 de 1		
La Primavera I, Leonardo Da Vinci S6-236 y Alberto Durero, Cumbayá. Contactos: 3550122 / 5143303 / servicioalcliente@aaalab.com.ec						
INFORME DE RESULTADOS No. 4052-1						
1.- DATOS GENERALES						
CLIENTE:	JUAN CARLOS RIVAS RODRIGUEZ		TELÉFONO:	02 606308		
DIRECCIÓN:	ZAMORA BARRIO SANTA ELENA		ATENCIÓN A:	Sr. Juan Carlos Rivas		
2. INFORMACION DE LA MUESTRA	INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE MUESTREO:	Junto a Lubricadora Marifer		
TIPO DE MUESTRA:	SUELO		FECHA DE MUESTREO:	08/09/2016		
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: (Dada por el cliente)	T1 - M1		RESPONSABLE DEL MUESTREO:	JUAN CARLOS RIVAS RODRIGUEZ		
FECHA DE RECEPCIÓN MUESTRA:	13/09/2016		PERÍODO DE REALIZACIÓN DE ANÁLISIS:	14/09/2016 al 29/09/2016		
3. RESULTADOS:						
Norma de Comparación: TULAS, AM097, ANEXO 2, TABLA 1. CRITERIOS DE CALIDAD DEL SUELO						
AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	VALORES DE NORMA	CUMPLIMIENTO
(*)	Aceites y Grasas	SM 5520 C	mg/kg	11415,6	NA	
(*)	Conductividad Eléctrica	EPA 9050A	uS/cm	31,3	200,0	CUMPLE
2	Materia Orgánica	Walkley y Black	%	7,22	NA	
1	pH	AAA-PE-S014	unid pH	6,5	6,0 - 8,0	CUMPLE
1	Plomo	AAA-PE-S011	mg/kg	< 19	19,0	CUMPLE
1	Hidrocarburos Totales de Petróleo	AAA-PE-S008	mg/kg	10966,5	150,0	NO CUMPLE
NOTAS:						
AA (Acreditaciones):		Los valores de incertidumbre de los parámetros analizados, se encuentran disponibles en el laboratorio. Se reporta la incertidumbre cuando ésta afecta al análisis de cumplimiento con la norma de comparación o cuando el cliente lo solicita.				
1: Ensayos que se encuentran dentro del alcance de acreditación SAE.		N2: No es posible evaluar el cumplimiento debido a que el límite superior del método es inferior a la norma				
(*): Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación SAE.		N3: No es posible evaluar el cumplimiento debido a que el límite de cuantificación del método es superior a la norma				
2: Ensayos subcontratados. En el apartado de observaciones se indica el laboratorio subcontratado. ANAVANLAB asume la responsabilidad por los análisis subcontratados.						
El presente informe solo afecta a la muestra analizada.		Procedimiento de Toma de muestra utilizado por ANAVANLAB: AAA-PI-A003 / AAA-PI-S001				
Se prohíbe su reproducción total o parcial sin autorización de ANAVANLAB CIA LTDA.						
4. OBSERVACIONES				INFORME APROBADO Y AUTORIZADO POR:		
Materia Orgánica realizado en AGROCALIDAD. Resultado fuera de rango acreditado Plomo < 20 mg/L				 Lcda. Alejandra Hidalgo Gerente Técnica ANAVANLAB CIA. LTDA. Quito, 3 de octubre del 2016		
"Identificación y Evaluación del potencial fitorremediador de especies vegetales presentes en el suelo contaminado por grasas y aceites lubricantes en la Lavadora, Vulcanizadora y Lubricadora Marifer de la ciudad de Zamora						

Anexo 11. Resultado de análisis de tratamiento 2, con la especie vegetal *Sida rhombifolia. L*

		ANALÍTICA AVANZADA - ASESORÍA Y LABORATORIOS ANAVANLAB CIA. LTDA.		Muestra AAALab No: 4052-2 Pág 1 de 1		
La Primavera I, Leonardo Da Vinci 56-236 y Alberto Durero, Cumbayá. Contactos: 3550122 / 5143303 / servicioalcliente@aalab.com.ec						
INFORME DE RESULTADOS No. 4052-2						
1.- DATOS GENERALES						
CLIENTE:	JUAN CARLOS RIVAS RODRIGUEZ		TELÉFONO:	02 606308		
DIRECCIÓN:	ZAMORA BARRIO SANTA ELENA		ATENCIÓN A:	Sr. Juan Carlos Rivas		
2. INFORMACION DE LA MUESTRA	INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE MUESTREO:	Junto a Lubricadora Marifer		
TIPO DE MUESTRA:	SUELO		FECHA DE MUESTREO:	08/09/2016		
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: (Dada por el cliente)	T2 - M1		RESPONSABLE DEL MUESTREO:	JUAN CARLOS RIVAS RODRIGUEZ		
FECHA DE RECEPCIÓN MUESTRA:	13/09/2016		PERÍODO DE REALIZACIÓN DE ANÁLISIS:	14/09/2016 al 27/09/2016		
3. RESULTADOS:						
Norma de Comparación: TULAS, AM097, ANEXO 2, TABLA 1. CRITERIOS DE CALIDAD DEL SUELO						
AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	VALORES DE NORMA	CUMPLIMIENTO
(*)	Aceites y Grasas	SM 5520 C	mg/kg	12802,1	NA	
(*)	Conductividad Eléctrica	EPA 9050A	uS/cm	42,3	200,0	CUMPLE
2	Materia Orgánica	Walkley y Black	%	7,71	NA	
1	pH	AAA-PE-S014	unid pH	6,5	6,0 - 8,0	CUMPLE
1	Plomo	AAA-PE-S011	mg/kg	< 19	19,0	CUMPLE
1	Hidrocarburos Totales de Petróleo	AAA-PE-S008	mg/kg	12201,2	150,0	NO CUMPLE
NOTAS:						
AA (Acreditaciones):		Los valores de incertidumbre de los parámetros analizados, se encuentran disponibles en el laboratorio. Se reporta la incertidumbre cuando ésta afecta el análisis de cumplimiento con la norma de comparación o cuando el cliente lo solicita.				
1: Ensayos que se encuentran dentro del alcance de acreditación SAE.		N2: No es posible evaluar el cumplimiento debido a que el límite superior del método es inferior a la norma				
(*) Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación SAE.		N3: No es posible evaluar el cumplimiento debido a que el límite de cuantificación del método es superior a la norma				
2: Ensayos subcontratados. En el apartado de observaciones se indica el laboratorio subcontratado. ANAVANLAB asume la responsabilidad por los análisis subcontratados.						
El presente informe solo afecta a la muestra analizada.		Procedimiento de Toma de muestra utilizado por ANAVANLAB: AAA-PI-A003 / AAA-PI-S001				
Se prohíbe su reproducción total o parcial sin autorización de ANAVANLAB CIA LTDA.						
4. OBSERVACIONES				INFORME APROBADO Y AUTORIZADO POR:		
Materia Orgánica realizado en AGROCALIDAD. Resultado fuera de rango acreditado Plomo < 20 mg/L				 Lcda. Alejandra Hidalgo Gerente Técnica ANAVANLAB CIA. LTDA. Quito, 3 de octubre del 2016		
"Identificación y Evaluación del potencial fitorremediador de especies vegetales presentes en el suelo contaminado por grasas y aceites lubricantes en la Lavadora, Vulcanizadora y Lubricadora Marifer de la ciudad de Zamora						

11.1. Anexo Fotográfico



Fotografía 16. *Puntos de contaminación presentes en la zona de estudio.*



Fotografía 17. *Áreas donde se llevó a cabo el inventario herbáceo.*



Fotografía 18. *Especie vegetales Ageratum conyzoides. L, y Sida rhombifolia.*

L en su entorno natural.



Fotografía 19. *Especies vegetales recolectadas para su análisis taxonómico.*



Fotografía 20. Preparación de las especies vegetales recolectadas para evitar que se marchiten.



Fotografía 21. Registro de la alturas de las especies vegetales *Ageratum conyzoides*. L, y *Sida rhombifolia*. L



Fotografía 22. Registro de la presencia de clorosis y necrosis en las hojas de las especies vegetales *Ageratum conyzoides*. L, y *Sida rhombifolia*. L



Fotografía 23. Clorosis presente en las plantas utilizadas en el tratamiento.



Fotografía 24. Necrosis presente en las plantas utilizadas en el tratamiento.



Fotografía 25. Riego de las plantas utilizadas en el tratamiento de remediación.



Fotografía 26. *Retiro de vegetación y tamizado del suelo previo a su análisis final.*



Fotografía 27. *Cuardeo de suelo y recolección 1 kg de muestras.*

ÍNDICE GENERAL

PORTADA.....	i
CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA	iii
CARTA DE AUTORIZACIÓN.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTOS	vi
1. TÍTULO.....	1
2. RESUMEN	2
2.1. Summary.....	4
3. INTRODUCCIÓN	6
4. REVISIÓN DE LITERATURA	8
4.1. Concepto de suelo	8
4.1.1. El suelo como un elemento indispensable para el desarrollo de la vida.	8
4.1.2. Sustentabilidad del suelo.....	9
4.1.3. El suelo como un sistema ecológico.	10
4.1.4. Características del suelo.	10
4.1.5. Perfil del suelo.....	12
4.1.6. Composición del suelo.	14
4.1.7. Fertilidad de suelo.	16
4.1.8. Tipos de suelos.	17
4.1.9. Degradación del suelo.....	18

4.2. Los hidrocarburos.....	19
4.2.1. Clasificación de los hidrocarburos.....	19
4.2.2. Usos de los hidrocarburos.....	20
4.2.3. Principales actividades consideradas como fuentes de contaminación por hidrocarburos.	21
4.2.4. Los hidrocarburos y su incidencia en los factores ambientales.....	21
4.2.5. Contaminación del suelo por hidrocarburos en el Ecuador.....	24
4.2.6. Aceites Lubricantes.....	25
4.2.7. Efectos de la contaminación por grasas y aceites lubricantes usados.....	25
4.2.8. Tipos de lubricantes.....	26
4.3. Grasas.....	28
4.3.1. Principales fuentes de generación grasas y aceites lubricantes usados... ..	29
4.3.2. Efectos de las grasas y aceites lubricantes usados en la salud humana... ..	29
4.3.3. Beneficios de la recolección de aceites lubricantes usados.....	30
4.3.4. Situación del Ecuador con respecto a las grasas y aceites lubricantes usados.	31
4.3.5. Contaminación del suelo producido por las actividades de las lavadoras y lubricadoras.....	31
4.4. Técnicas utilizadas para restaurar suelos contaminados por derivados de hidrocarburos	32
4.4.1. Solidificación o estabilización.....	32
4.4.2. Extracción con solventes.....	32

4.4.3. Enjuague de suelos.....	33
4.4.4. Inyección de aire.	33
4.4.5. Biorremediación.	33
4.4.6. Fitorremediación.....	34
4.4.7. Importancia de la fitorremediación.	34
4.4.8. Cómo funciona la técnica de la fitorremediación.	34
4.4.9. Métodos de Fitorremediación.	35
4.4.10. Utilización.	37
4.4.11. Ventajas.	38
4.4.12. Desventajas.....	39
4.4.13. Fases de Fitorremediación en una planta.	40
4.4.14. Criterios para identificar especies vegetales útiles para a Fitorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos.	40
4.4.15. Anomalías que presentan las plantas expuestas a la contaminación.	42
4.5. Marco Legal Favorable.....	44
4.5.1. Constitución del Ecuador.....	44
4.5.2. Ley de prevención y control de la contaminación ambiental.	45
4.5.3. Acuerdo Ministerial 097.	46
4.6. Estudios Realizados.....	49
5. MATERIALES Y MÉTODOS	54
5.1. Materiales.....	54
5.1.1. De campo.	54

5.1.2. De oficina.	54
5.2. Métodos.....	55
5.2.1. Ubicación política y geográfica del área de estudio.	55
5.2.2. Tipo de investigación.....	57
5.2.3. Variables de estudio.....	57
5.2.4. Hipótesis.....	57
5.2.5. Población y muestra.....	58
5.2.6. Distribución de los tratamientos.	58
5.2.7. Diseño experimental a utilizarse.....	59
5.2.8. Metodología para el primer objetivo..	60
5.2.9. Metodología para el segundo objetivo.....	66
6. RESULTADOS	83
6.1.1. Resultados del primer objetivo.	83
6.1.2. Resultado del segundo objetivo.	87
6.1.3. Desarrollo del modelo estadístico no paramétrico chi cuadrado para los parámetros analizados.	105
6.1.4. Valoración de costos por hectárea	110
7. DISCUSIÓN	112
8. CONCLUSIONES.....	120
9. RECOMENDACIONES.	122
10. BIBLIOGRAFÍA	124
11. ANEXOS	143

11.1. Anexo Fotográfico	157
-------------------------------	-----

Índice de tablas

Tabla 1. Composición de contaminantes presentes en el aceite usado.	28
Tabla 2. Criterios de remediación (valores máximos permisibles).	49
Tabla 3. Resultados del análisis de las muestras iniciales.	86

Índice de cuadros

Cuadro 1. Distribución de las plantas el tratamiento de Fitorremediación.	59
Cuadro 2. Producción general de cultivos.	85
Cuadro 3. Registro de las plantas encontradas en el inventario herbáceo.....	87
Cuadro 4. Identificación taxonómica e las especies vegetales resultantes del inventario herbáceo.....	89
Cuadro 5. Selección de las especies representativas de sitios de contaminación identificadas en el análisis taxonómico.	90
Cuadro 6. Índice de diversidad de Simpson de las especies vegetales presentes en el área de estudio.....	92
Cuadro 7. Promedio de la altura de la especie vegetal <i>Ageratum conyzoides</i> . L	96
Cuadro 8. Registro del promedio de la altura de la especie vegetal <i>Sida rhombifolia</i> . L	97
Cuadro 9. Registro del porcentaje de clorosis y necrosis de la especie vegetal <i>Ageratum conyzoides</i> . L.....	99
Cuadro 10. Registro del porcentaje de clorosis y necrosis de la especie vegetal <i>Sida rhombifolia</i> . L.....	100
Cuadro 11. Comparación de los resultados de análisis inicial con los tratamientos en estudio.....	102

Cuadro 12. Contingencia con las frecuencias observadas en los tratamientos uno y dos.....	106
Cuadro 13. Resultados de las frecuencias observadas.....	107
Cuadro 14. Frecuencias esperadas.....	108
Cuadro 15. Análisis de costos por hectárea.	110

Índice de figuras

Figura 1. Horizontes presentes en el suelo.	14
Figura 2. Composición del suelo.	16
Figura 3. Técnica de Fitorremediación donde se utilizan las diferentes partes de la planta para absorber el contaminante.	37
Figura 4. Número de tratamientos empleados en la presente investigación.	58
Figura 5. Inventario herbáceo realizado en las zonas de contaminación.	67
Figura 6. Diseño del invernadero donde se llevó a cabo el tratamiento de fitorremediación.....	73
Figura 7. Comparación del promedio de altura de la especie <i>Ageratum conyzoides</i> . L, del tratamiento 1.....	97
Figura 8. Comparación del promedio de altura de la especie <i>Sida rhombifolia</i> . L, del tratamiento 2.....	98
Figura 9. Comparación del porcentaje de clorosis y necrosis en el tratamiento 1, con la especie <i>Ageratum conyzoides</i> . L.....	99
Figura 10. Comparación del porcentaje de clorosis y necrosis en el tratamiento 2, con la especie <i>Sida rhombifolia</i> . L.....	100
Figura 11. <i>Porcentaje de mortalidad de la especie Ageratum conyzoides. L. ...</i>	101
Figura 12. Comparación de la remoción de los contaminantes entre el tratamiento 1 y el 2.....	103

Figura 13. Comparación de la reducción de la conductividad eléctrica en el suelo.	104
Figura 14. Comparación de la reducción de la materia orgánica en el suelo. ...	105

Índice de fotografías

Fotografía 1. Hojas con clorosis.....	43
Fotografía 2. Planta con necrosis.....	44
Fotografía 3. Recolección de las submuestras de cada punto contaminado a una profundidad de entre 0 y 30 cm.....	64
Fotografía 4. Cuarteo de las muestras recolectadas en cada punto de contaminación para realizar una muestra compuesta de 1 kg, etiquetado de la muestra.	65
Fotografía 5. Preparación de las muestras para su traslado al herbario Reinaldo Espinosa de la ciudad de Loja para su análisis taxonómico.	68
Fotografía 6. Análisis taxonómico de las especies vegetales recolectadas en el inventario herbáceo.....	69
Fotografía 7. Construcción del invernadero donde se realizará el desarrollo del tratamiento de Fitorremediación.....	74
Fotografía 8. Armado de las platabandas y colocación del suelo contaminado. .	75
Fotografía 9. Especies vegetales recolectadas para realizar el trasplante.	76
Fotografía 10. Solución de 20 ml de Cytokin y 20 mg de SOL-U-GRO.....	77
Fotografía 11. Inicio del tratamiento de fitorremediación con las especies vegetales trasplantadas.....	79
Fotografía 12. Retiro de vegetación y tamizado del suelo previo a su análisis final.	81
Fotografía 13. Recolección y almacenamiento de las muestras.	82

Fotografía 14. Condiciones en las que se encontró la zona de estudio.	84
Fotografía 15. Suelo contaminado por la ruptura de la tubería que transporte residuos de hidrocarburos.	84
Fotografía 16. Puntos de contaminación presentes en la zona de estudio.	157
Fotografía 17. Áreas donde se llevó a cabo el inventario herbáceo.	157
Fotografía 18. Especie vegetales <i>Ageratum conyzoides</i> . L, y <i>Sida rhombifolia</i> . L en su entorno natural.	158
Fotografía 19. Especies vegetales recolectadas para su análisis taxonómico. .	158
Fotografía 20. Preparación de las especies vegetales recolectadas para evitar que se marchiten.	159
Fotografía 21. Registro de la alturas de las especies vegetales <i>Ageratum conyzoides</i> . L, y <i>Sida rhombifolia</i> . L	159
Fotografía 22. Registro de la presencia de clorosis y necrosis en las hojas de las especies vegetales <i>Ageratum conyzoides</i> . L, y <i>Sida rhombifolia</i> . L	160
Fotografía 23. Clorosis presente en las plantas utilizadas en el tratamiento. ...	160
Fotografía 24. Necrosis presente en las plantas utilizadas en el tratamiento....	161
Fotografía 25. Riego de las plantas utilizadas en el tratamiento de remediación.	161
Fotografía 26. Retiro de vegetación y tamizado del suelo previo a su análisis final.	162
Fotografía 27. Cuarteo de suelo y recolección 1 kg de muestras.	162

Índice de Mapas

Mapa 1. Ubicación del área de estudio.	56
Mapa 2. Puntos de contaminación presentes en el área de estudio.	61
Mapa 3. Determinación de los puntos donde se realizó el muerto del suelo.	63