



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

CARRERA DE INGENIERÍA EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

“EVALUACIÓN DEL POTENCIAL FITORREMIADOR DE DOS ESPECIES VEGETALES *Paspalum millegrana* L. Y *Bidens pilosa* L. PARA REMEDIAR SUELOS CONTAMINADOS POR HIDROCARBUROS PROVENIENTES DE LA LAVADORA Y LUBRICADORA MARIFER, CANTÓN ZAMORA”.

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

AUTOR:

Stalin Alexander León Ochoa

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: "EVALUACIÓN DEL POTENCIAL FITORREMEDIADOR DE DOS ESPECIES VEGETALES *Paspalum millegrana L.* y *Bidens pilosa L.* PARA REMEDIAR SUELOS CONTAMINADOS POR HIDROCARBUROS PROVENIENTES DE LA LAVADORA Y LUBRICADORA MARIFER, CANTÓN ZAMORA", desarrollado por el Sr. Stalin Alexander León Ochoa, 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, 07 de Noviembre de 2016

Atentamente.



Ing. Galo Enrique Ramos Campoverde Mg. Sc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

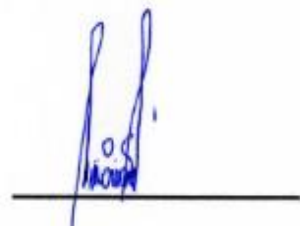
AUTORÍA

Yo **Stalin Alexander León Ochoa**, declaro ser autor del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales por el contenido de la misma.

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

AUTOR: Stalin Alexander León Ochoa.

FIRMA:



CÉDULA: 1900501535

FECHA: Zamora, 09 de Diciembre de 2016

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

Yo, Stalin Alexander León Ochoa, declaro ser autor de la Tesis titulada **"EVALUACIÓN DEL POTENCIAL FITORREMIADOR DE DOS ESPECIES VEGETALES *Paspalum millegrana L.* y *Bidens pilosa L.* PARA REMEDIAR SUELOS CONTAMINADOS POR HIDROCARBUROS PROVENIENTES DE LA LAVADORA Y LUBRICADORA MARIFER, CANTÓN 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:

AUTOR: Stalin Alexander León Ochoa

FIRMA: 

CÉDULA: 1900501535

DIRECCIÓN: Zamora, calle Diego de Vaca y Luis Márquez.

CORREO ELECTRÓNICO: stalinho1986@yahoo.es

TELÉFONO: 072607027

CELULAR: 0987072570

DATOS COMPLEMENTARIOS

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

TRIBUNAL DE GRADO

Ing. Osmani Eduardo López Celj, Mg.Sc (Presidente)

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

Ing. Hilter Farley Figueroa Saavedra, Mg.Sc. (Vocal)

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a mi Dios quién supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

A mi familia quienes por ellos soy lo que soy.

Para mis padres Marianita y Noé por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para conseguir mis objetivos.

A mis hermanos por estar siempre presentes, acompañándome para poderme realizar. A mi sobrino Dieguito quien ha sido y es una motivación, inspiración y felicidad.

A mi novia Karen Chamba y su familia de quienes estoy eternamente agradecido ya que fueron un sustento esencial para culminar mis estudios.

“La dicha de la vida consiste en tener siempre algo que hacer, alguien a quien amar y alguna cosa que esperar”. Thomas Chalmers

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo de tesis primeramente me gustaría agradecerle a ti Dios por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, porque hiciste realidad este sueño anhelado.

A la Universidad Nacional de Loja por las oportunidades y facilidades brindadas en el transcurso de nuestros estudios para optar el título de Ingeniero en Manejo y Conservación del Medio Ambiente.

A mi director de tesis, Ing. Galo Enrique Ramos Campoverde Mg. Sc, por su esfuerzo y dedicación, quien con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación ha logrado en mí poder terminar mis estudios con éxito, También me gustaría agradecer a mis profesores durante toda mi carrera profesional porque todos han aportado con un granito de arena a mi formación.

A mis compañeros con quien compartí grandes experiencias que influyeron en mí, para construirme como profesional, gracias por brindarme su amistad, apoyo y todos los momentos vividos.

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida a las que me encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi existencia. Algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y en mi corazón, sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones.

Para ellos: Muchas gracias y que Dios los bendiga.

1 TÍTULO

“EVALUACIÓN DEL POTENCIAL FITORREMEDIADOR DE DOS ESPECIES VEGETALES *Paspalum millegrana* L. Y *Bidens pilosa* L. PARA REMEDIAR SUELOS CONTAMINADOS POR HIDROCARBUROS PROVENIENTES DE LA LAVADORA Y LUBRICADORA MARIFER, CANTÓN ZAMORA”.

2 RESUMEN

El desarrollo del presente trabajo de investigación está basado en una técnica de fitorremediación en donde se utiliza plantas acumuladoras e hiperacumuladoras para extraer e inmovilizar los contaminantes del suelo, el cual está estructurado de los siguientes ítems: revisión de literatura, materiales y métodos, resultados, discusión, conclusiones y recomendaciones; para tener un mejor entendimiento del tema se procedió a seleccionar la literatura la cual consta de conceptos básicos, normativa legal vigente y hechos científicos los cuales se utilizan para sustentar de una mejor manera esta investigación y darle realce a los datos obtenidos en la misma. En materiales y métodos se describe cada uno de los materiales que se utilizó en el presente trabajo de investigación, ya sea estos de campo o de oficina, la ubicación política y geográfica del área del proyecto y la metodología para cada uno de los objetivos planteados; los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación son presentados detalladamente por cada uno de los dos objetivos planteados, entre los resultados más relevantes se determinó que entre los tratamientos empleados, la especie *Paspalum millegrana* L. obtuvo mejores resultados en la remoción del primer parámetro contaminado (aceites y grasas) con un valor del 28% y la remoción del segundo parámetro contaminado (hidrocarburos totales de petróleo) con un valor de 39.70%. La especie *Bidens pilosa* L. también produjo una remoción de los dos parámetros con un 2.68%, y 2.44% menor que el primer tratamiento. En los apartados finales se presenta una discusión de los resultados obtenidos, las recomendaciones se basan específicamente en las conclusiones y en la realidad geográfica y ambiental del área del proyecto, es así que la utilización de *Paspalum millegrana* L. y *Bidens pilosa* L. ofrece una alternativa eficiente a los métodos convencionales de desintoxicación de suelos

contaminados por hidrocarburos de petróleo, por lo que se las puede utilizar como una herramienta efectiva y económica.

2.1 Summary

The development of this investigative research is based on a technique of phytoremediation where it uses absorvent plants, these hyperaccumulator plants are used to extract and immobilize the soil contaminants, which is structured in the following items: literature review, materials and methods, results, discussion, conclusions and recommendations; in order to have a better understanding about the theme it proceeded to select the appropriate literature which consists of basic concepts, current legislation and scientific facts which served me to support in a better way this research and give prominence to the obtained datas in it, next, It describe the materials and Methods which were used in this research, they were of field or office, the political and geographical location of this project area and the methodology for each of the objectives proposed. The results obtained in this present investigative research are showed in detailed form for each one of the proposed objectives, among the most relevant results it was determined that among the treatments used, the species *Paspalum millegrana L.* obtained better results in the removal of the first parameter contaminating (oils and fats) with a value of 28% and removal of contaminated second parameter (total petroleum hydrocarbons) with a value of 39.70%. *Bidens pilosa L.* species also produced removal of the two parameters with 2.68% and 2.44% less than the first treatment. A discussion of the results is presented, the recommendations are specifically based on the conclusions and geographical and environmental reality of the área Project, Thus, the use of *Paspalum millegrana L.* and *Bidens pilosa L.* offers an efficient alternative to the conventional methods of detoxification of soils contaminated by petroleum hydrocarbons, so they can be used as an effective and economical tool

3 INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación se ha desarrollado con la finalidad de aportar a la solución de una de las problemáticas que presenta en la actualidad nuestra cabecera cantonal como es la contaminación del recurso suelo por desechos de hidrocarburos provenientes de lavadoras y lubricadoras, ya que el crecimiento del parque automotor y la falta de una cultura ambiental eficiente está ocasionando que los propietarios de estas empresas no realicen una disposición final adecuada de los desechos que se generan en todos los procesos productivos, afectando principalmente la salud de los habitantes y degradando las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del suelo.

La información disponible de investigación sobre los tipos, causas, grado y severidad de la degradación de suelos es todavía insuficiente en la provincia de Zamora Ch. Esta falta de información dificulta enormemente la identificación y la puesta en práctica de estrategias efectivas de conservación y rehabilitación de tierras contaminadas por desechos peligrosos provenientes de lavadoras y lubricadoras.

El aporte del presente proyecto de investigación se da por la necesidad de adquirir información que contribuirá a determinar la situación actual de suelos afectados por residuos de hidrocarburos, la tecnología a aplicarse será la biorremediación misma que se ha convertido en una de las técnicas con mayor interés en la actualidad, dentro de la cual se encuentra una rama muy importante, como es la fitorremediación que utiliza plantas para llevar a cabo acciones de eliminación o transformación de contaminantes, cuya ventaja se basa en los bajos costos y su contribución a la estabilización de los suelos.

Tomando en cuenta todas las bondades de la fitorremediación, y los perjuicios de la contaminación por derivados de hidrocarburos en nuestra ciudad, considero muy importante investigar dos especies vegetales "*Paspalum millegrana* L. (HIERBA CORTADERA) y *Bidens pilosa* L. (WICHINGUE)" mismas que cumplen con las condiciones para aplicar dicha técnica que contribuye a mejorar la calidad de los suelos y recuperar actividades productivas del sector.

Este proyecto de investigación es muy importante ya que no solo se conocerá del proceso de la Fitorremediación de suelos contaminados por desechos de hidrocarburos, sino que también se llevará a cabo con la finalidad de conocer la capacidad de depuración de contaminantes de las especies vegetales antes mencionadas en suelos contaminados.

Con los resultados de este estudio se beneficiarán de manera directa los productores que realizan actividades en este tipo de suelo con bajos rendimientos en sus cultivos pudiendo recuperar de una manera equilibrada las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo para ofrecer productos agrícolas de calidad y libres de contaminantes a sus habitantes del barrio Tunantza, de igual manera el GAD cantonal de Zamora, ya que en su ordenanza establece normas y procedimientos básicos que deben cumplir las instalaciones de lavado y lubricado de vehículos, como es el manejo y almacenamiento adecuado de desechos de hidrocarburos con el fin de reducir los riesgos a la salud humana y al ambiente, garantizando la disposición final adecuada de estos contaminantes, por otra parte el Ministerio del Ambiente, entidad reguladora que fundamenta la prevención y contaminación del recurso suelo empleando buenas prácticas de manejo e ingeniería aplicadas a cada uno de los procesos productivos, y la Universidad

Nacional de Loja, la cual se posesionará como una de las instituciones pioneras y líderes de la Región Sur del Ecuador, en estudios relacionados con la recuperación de suelos contaminados.

Para el desarrollo de la presente investigación se ha planteado un objetivo general y dos objetivos específicos que se indican a continuación.

Contribuir a la descontaminación de suelos degradados por desechos de hidrocarburos provenientes de la Lavadora y Lubricadora Marifer, a través del uso de dos especies vegetales fitorremediadoras locales.

Evaluar el grado de contaminación que presenta el suelo por residuos de hidrocarburos provenientes de las actividades que se realizan en la Lavadora y Lubricadora Marifer.

Evaluar el potencial fitorremediador de las especies vegetales *Paspalum millegrana L.* y *Bidens pilosa L.* en el tratamiento de suelos contaminados por residuos de hidrocarburos provenientes de la Lavadoras y Lubricadora Marifer ubicada en el barrio Tunantza, cantón Zamora.

4 REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 El suelo como medio para el desarrollo de la vida

4.1.1 Suelo.

Los autores Navarro S. y Navarro G. (2003) mencionan que:

El término suelo, se deriva del latín solum, y significa piso, puede definirse como la capa superior de la Tierra que se distingue de la roca sólida y en donde las plantas crecen. Con este enfoque, los suelos deben considerarse como formaciones geológicas naturales desarrolladas bajo condiciones muy diversas de clima y materiales de origen, lo cual justifica su continua evolución y en consecuencia su gran variedad (p. 15).

4.1.2 Propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

4.1.2.1 *Propiedades físicas.*

Las propiedades físicas de los suelos, determinan en gran medida, la capacidad de muchos de los usos a los que el hombre los sujeta, Rucks, García, Kaplán, Ponce, y Hill (2004) afirman que:

La condición física de un suelo, determina, la rigidez y la fuerza de sostenimiento, la facilidad para la penetración de las raíces, la aireación, la capacidad de drenaje y de almacenamiento de agua, la plasticidad, y la retención de nutrientes. Se considera necesario para las personas involucradas en el uso de la tierra, conocer las propiedades físicas del suelo, para entender en qué medida y cómo influyen en el crecimiento de las plantas, en qué medida y cómo la actividad humana puede llegar a modificarlas, y comprender la importancia de mantener las mejores condiciones físicas del suelo posibles (p. 2).

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2014) determina que las propiedades físicas más importantes son:

- Estructura del suelo.
- Profundidad del suelo.
- Características del agua en el suelo.
- Disponibilidad de agua en el suelo.
- Textura del suelo.
- Color del suelo.
- Consistencia del suelo.
- Porosidad del suelo.
- Densidad del suelo.
- Movimiento del agua en el suelo.

4.1.2.2 Propiedades químicas.

La química de suelos es aquella parte de la ciencia del suelo que estudia la composición, las propiedades y reacciones químicas de los suelos, Chamorro y Paredes (2010) en su enunciado menciona que:

Los mayores esfuerzos encaminados hacia la comprensión de las propiedades químicas del suelo, han sido enfocados hacia la nutrición vegetal. Las propiedades químicas del suelo, se deben en gran medida a los coloides que lo conforman. Las arcillas y la materia orgánica humificada representan la fracción coloidal del suelo, la cual afecta el intercambio de nutrientes y la fertilidad del mismo (P. 14).

FAO (2014) determina que las propiedades químicas más importantes del suelo son:

- Capacidad de intercambio catiónico.
- PH del suelo.
- Porcentaje de saturación de base.

- Nutrientes para las plantas. Carbono orgánico del suelo
- Nitrógeno del suelo.
- Contenido de carbonato de calcio en el suelo.
- Contenido de carbonato de sodio en el suelo.

4.1.2.3 Propiedades biológicas.

Sánchez y Valderrama (2014) sostienen en su artículo académico que:

Las propiedades biológicas están asociadas a la presencia de materia orgánica y de formas de vida animal, tales como microorganismos, lombrices e insectos mismos que contribuyen a definir su capacidad de uso y su erodabilidad. Las propiedades biológicas del suelo son muy importantes, ya que está constituida por la microfauna del suelo, como hongos, bacterias, nemátodos, insectos y lombrices, los cuales mejoran las condiciones del suelo acelerando la descomposición y mineralización de la materia orgánica, además que entre ellos ocurren procesos de antagonismo o sinergia que permite un balance entre poblaciones dañinas y benéficas que disminuyen los ataques de plagas a las plantas (p. 1).

FAO (2014) determina que las propiedades biológicas más importantes del suelo son:

- Ciclo del nitrógeno.
- Ciclo del carbono.

4.1.2.4 Influencia de factores ambientales del suelo en la fitorremediación

“Una variedad de factores ambientales afecta o altera los mecanismos de la fitorremediación, La Agencia de Protección Ambiental (EPA, 1996) estipula lo siguiente:

El tipo del suelo y el contenido de la materia orgánica pueden limitar la biodisponibilidad de los contaminantes del petróleo, además la luz del sol puede transformar al compuesto original en otros compuestos, que pueden tener diversas toxicidades y biodisponibilidades. (p. 12).

4.1.3 Estructura del suelo, textura y contenido de la materia orgánica.

EPA (1997) en sus enunciados determina lo siguiente:

El tipo del suelo se define según varias características incluyendo la estructura, textura y contenido de la materia orgánica, la textura del suelo puede también afectar a la fitorremediación influenciando en la biodisponibilidad del contaminante. Por ejemplo, la arcilla es capaz de atar las moléculas más fácilmente que la arena. Consecuentemente, la biodisponibilidad de contaminantes puede ser más baja en suelos con el alto contenido de la arcilla (p. 23).

4.1.3.1 Nutrientes.

“Los hidrocarburos del petróleo pueden reducir la disponibilidad de los nutrientes de las plantas en el suelo. EPA (1997) afirma que:

La disponibilidad baja de nutrientes resulta del hecho de que los hidrocarburos del petróleo tienen alto contenido de carbón, mientras los microorganismos del suelo que degradan los hidrocarburos, utilizan los nutrientes disponibles (es decir, nitrógeno, fósforo y potasio) creando deficiencia de nutrientes en el suelo contaminado, además la deficiencia de nutrientes en el suelo causado por los hidrocarburos del petróleo se puede compensar por el uso de fertilizante o abono orgánico” (p. 25, 27).

4.1.3.2 Disponibilidad de agua y oxígeno.

El agua y el oxígeno son dos elementos importantes para las plantas y los microorganismos, Posada (2012) menciona que:

Si el contenido de agua en el suelo es bajo, habrá una pérdida de actividad microbiana y deshidratación de las plantas. Demasiada humedad da lugar a intercambio de gas y a la creación de las zonas anóxicas en donde la degradación es dominada por los microorganismos anaerobios (p. 46).

4.1.4 Temperatura.

“La temperatura afecta a los porcentajes en los cuales se desarrollan los diferentes mecanismos de la fitorremediación” (Eweis, Ergas, Chang, y Schroeder, 1998, p. 44).

4.1.5 Radiación solar.

“Fotomodificaciones por la luz ultravioleta pueden ocurrir en el agua o en la superficie del suelo, además el aumento de la polaridad y de la toxicidad de los compuestos antes de la captación en la planta.” (Eweis, et al. 1998, p.46)

4.1.6 El desgaste por la acción atmosférica.

“Los procesos de desgaste por la acción atmosférica incluyen la volatilización, la evapotranspiración, la fotomodificación, la hidrólisis, la lixiviación y la biotransformación del contaminante. Estos procesos reducen selectivamente la concentración de los contaminantes que son más fáciles de degradar” (Eweis, et al. 1998, p. 49).

4.2 Contaminación del suelo

Desde el punto de vista químico Ramírez (2009) estipula lo siguiente:

El suelo es una mezcla de rocas y minerales erosionados, material vegetal y animal desintegrado (humus y detritos) y organismos vivos pequeños, que incluyen plantas, animales y bacterias. También el suelo contiene agua y aire. En forma típica, un suelo contiene un 95% de minerales y 5% de materia orgánica, si bien los límites de composición varían en forma considerable. La degradación del suelo se puede dar al acumularse en él sustancias a niveles tales que repercuten negativamente en el comportamiento de los suelos, a esos niveles de concentración, dichas sustancias se vuelven tóxicas para los organismos del suelo. Lo que resulta es una degradación química que provoca la pérdida parcial o total de la productividad del suelo. Los fenómenos naturales pueden ser causas de importantes contaminaciones en el suelo. Así es bien conocido el hecho de que un solo volcán activo puede aportar mayores cantidades de sustancias externas y contaminantes, como cenizas, metales pesados, que varias centrales térmicas de carbón. Las causas más frecuentes de contaminación son debidas a la introducción de los contaminantes en la atmósfera debido a las actividades humanas, básicamente provienen de automóviles, procesos industriales, calefacciones, etc., produciendo un cambio negativo de las propiedades física, químicas y biológicas del suelo. (p. 1). Además Vasudevan y Rajaram (2001) menciona que los derrames de hidrocarburos de petróleo son una de las principales fuentes de contaminación de suelos y aguas ya que ocasionan perturbaciones en los ecosistemas al afectar su estructura y bioprocesos. Este tipo de contingencias ambientales originan efectos directos sobre la biota, ya que el petróleo contiene compuestos químicos tóxicos que producen daños a plantas, animales y humanos pero principalmente sobre las poblaciones de microorganismos, los cuales representan parte importante del ecosistema y son claves para los procesos biogeoquímicos. (p. 409, 411).

4.2.1 Contaminación del suelo por hidrocarburos.

La Universidad de Granada (2016) argumenta en sus enunciados que:

Los hidrocarburos contaminan el suelo por su presencia y su permanencia en él. Esto depende del tipo de suelo lo cual es un producto de su composición y textura (tamaños de las partículas que lo forman) ya que según las características del suelo el petróleo se adherirá o penetrará con mayor o menor fuerza y por lo tanto permanecerá mayor o menos tiempo en ese ambiente (p. 14).

En general se puede afirmar que:

- En suelos arenosos (suelos de grano grueso); el petróleo penetra con mayor rapidez, en mayor cantidad y a mayor profundidad (llega hasta la napa freática).
- En suelos arcillosos o rocosos (suelos de grano fino); el petróleo no penetra con facilidad, penetra en poca cantidad y a poca profundidad debido a que las partículas del sustrato son pequeñas provocando la impermeabilidad e infiltración de sustancias hacia las capas más profundas del suelo.
- En suelos con alto contenido de materia orgánica el petróleo se adhiere fuertemente a las partículas y restos vegetales de tal manera que permanece por más tiempo en el ambiente por ejemplo, en suelos de manglares y pantanos.

4.3 Contaminación del suelo causado por la actividad de lavadoras de vehículos

4.3.1 Lavadoras de vehículos.

Instalaciones que cuentan con infraestructura para brindar el servicio de lavado y lubricado al parque automotor de zonas urbanas y rurales, estas instalaciones son las principales causantes de contaminación de los recursos naturales y

afecciones negativas hacia el ambiente y salud de las personas, mismas afecciones que se dan por el mal manejo y disposición final de los desechos de hidrocarburos que se generan en las actividades diarias.

4.3.2 Concepto de lavadora de vehículos.

El concepto de lavadora de vehículos ha variado mucho con el tiempo, a través de revisión de literatura Carrillo (2012) en su artículo menciona que:

Es una tecnología que cuentan con drenajes de agua y aceites, por lo que el agua no queda estancada ni acumulada, en las instalaciones traseras un pozo profundo, capaz de proveer agua continuamente, el área de secado y lavado cuenta con un galpón haciendo que cada vez que ingrese un vehículo a las instalaciones puede asegurarse que entra a un lugar donde el propietario se preocupa por la limpieza del establecimiento y de su vehículo (p. 12).

4.3.2.1 Encerado.

“La persona encargada de este paso tendrá que utilizar el material adecuado para el acto, consistirá en pasar una franela para limpiar impurezas del ambiente, luego pasara a aplicar el producto solicitado, después de un tiempo aproximado de 5 minutos” (Tello, 2008, p. 6).

4.3.2.2 Lavado del vehículo.

El vehículo es trasladado a la rampa de limpieza, seguidamente se lo rocía con agua a presión para quitar las partículas de barro o polvo que se encuentran adheridas al automotor, una vez realizado el rociado se procede a enjabonar toda la estructura del vehículo para culminar la actividad con su respectivo enjuague y lavado.

4.3.2.3 Pulido del vehículo.

Este proceso se hace con mucho cuidado, y a la sombra para que la pintura no se manche, según Carrillo (2012) menciona “que el proceso consistirá en aplicar el pulimento fino con la herramienta adecuada, luego se procederá a retirar el mismo, después de esta actividad se aplicara cera, se abrillantaré el automóvil.”

4.3.2.4 Cambio de Aceite del vehículo.

En el establecimiento la persona encargada de esta actividad será la que realice el cambio de aceite al motor del vehículo, en este mismo orden y dirección Carrillo (2012) en efecto menciona que:

Primeramente se procede a retirar la tapa del depósito de aceite del motor para enfriar el mismo, luego de éste paso se retirará el tapón del cárter para que el aceite usado se lo disponga en un recipiente para su respectivo almacenamiento y disposición final (p. 19).

4.3.2.5 Aspirado del vehículo.

“En este proceso se lo realizará con una aspiradora industrial que permita eliminar las impurezas del automóvil, y a su vez la basura que se encuentre en él” (Carrillo, 2012, p. 24).

4.3.2.6 Pulverizado del vehículo.

“Una vez lavado el vehículo se procede a realizar el pulverizado, en esta actividad se lava el motor y chasis con una mezcla de diésel y desengrasante para evitar la corrosión y durabilidad del automotor” (Carrillo, 2012, p. 4).

4.4 Impactos negativos de las lavadoras

Lugo (2013) menciona. Los riesgos ambientales que presentan los aceites usados son principalmente:

- Contaminación Hídrica
- Contaminación atmosférica en la combustión de aceites.
- Contaminación de suelos.
- Afectación a la salud de las personas que entran en contacto con los aceites usados.

4.4.1 Aceites y lubricantes.

“Los aceites minerales usados y los hidrocarburos desechados son estimados sustancias peligrosas y nunca podrán ser ubicados directamente sobre el recurso suelo, tal como lo establece la normativa ambiental vigente” (Ministerio del Ambiente, 2015, p. 114).

4.4.1.1 Aceite usado.

“Se considera que aceite usado es todo aquel aceite lubricante (de motor, de transmisión o hidráulico, con base mineral o sintética) de desecho, generado a partir del momento que deja de cumplir la función inicial para la cual fue creado” (Robledo, 2013, p. 45).

4.4.1.2 Lubricante.

“Es una sustancia que colocada entre dos piezas móviles no se degrada, y forma así mismo una película que impide su contacto, permitiendo su movimiento incluso a elevadas temperaturas y presiones, Robledo (2013) argumenta lo siguiente:

Los aceites lubricantes están constituidos por una base, la cual provee las características primarias de lubricación; la base puede ser mineral, sintética o vegetal, según la aplicación que se dé al aceite. (p. 46, 48) Además Suntaxi (2012) afirma que los lubricantes tienen como función primordial evitar el contacto directo entre superficies con movimiento relativo, reduciendo así la fricción y sus funestas consecuencias: calor excesivo, desgaste, ruido, golpes, vibración, etc. (p. 19).

4.4.2 Propiedades de los aceites.

Sobre la base de las consideraciones anteriores a continuación se menciona las propiedades más importantes de los aceites lubricantes en el tema ambiental:

4.4.2.1 Biodegradabilidad y toxicidad.

Martínez (2010) en sus documentos menciona que la biodegradabilidad es una propiedad que influye demasiado en lo ambiental, ya que se involucra con los suministros de agua y el ambiente en general, además la toxicidad por otra parte es un problema y por tal motivo esta debe permanecer en un continuo seguimiento y atención. (p. 36).

4.4.2.2 Aceite y lubricante tratado.

“Se puede aprovechar en el campo industrial como combustible, a más de eso realizando diversos procesos de refinación al aceite se puede reutilizar, extendiendo una vez más su vida útil” (Martínez, 2010, p. 37).

4.5 Efectos dañinos de los aceites

A continuación se describe los efectos que causan los aceites lubricantes en el suelo, en la salud de las personas y en el medio ambiente.

4.5.1 Efectos en el suelo.

“El aceite al ser derramando en el suelo, provoca infertilidad debido a que el aceite usado contiene hidrocarburos que producen la muerte del suelo y transforma la vegetación en inerte, Sntaxi (2012) en sus estudios determina que:

El aceite derramado en el suelo causa un efecto nocivo en el ambiente al entrar en contacto con la luz del sol y del aire, permitiendo de esta manera que estos compuestos sean filtrados a través del suelo y contaminen el mismo. Un problema común en los centros de cambio de aceites como lo son los tecnicentros, mecánicas, lubricadoras entre otras es que no disponen de un plan de almacenamiento adecuado por lo que se ven en la necesidad de verter el aceite usado en coladeras, baldes y terrenos baldíos cercanos a sus establecimientos; causando así un problema en la salud de quienes habitan a sus alrededores, el aceite usado automotriz tiene un efecto peligroso y terminal para el ambiente y la salud del ser humano, debido a que por la consistencia que este tiene provoca una serie de inconveniencias en los distintos medios donde es vertido o derramado, causando así una alteración total del entorno al cual se encuentra afectando; éste aceite usado al ser expuesto completamente a la luz solar y al aire es capaz de emitir una gran cantidad de compuestos tóxicos, como lo son el Pb, Zn y Cr. (p. 41, 42). Además Zamora, Ramos, y Arias (2012) menciona que la contaminación por hidrocarburos de petróleo induce cambios en las propiedades químicas del suelo, disminuyendo el pH, la conductividad eléctrica y la capacidad de intercambio catiónico lo cual incrementa el porcentaje de saturación con aluminio. Estos cambios hacen menos diversa la estructura funcional de la comunidad bacteriana, también ocurre una restricción de la diversidad funcional. (p. 11)

4.5.2 Efectos en la salud.

La Guía para la reducción del impacto ambiental de aceites industriales usados (2006) en su apartado menciona que:

Los aceites, además de contener aditivos muy tóxicos durante su uso, incorporan a su composición gran cantidad de sustancias peligrosas para nuestra salud como son las partículas metálicas ocasionadas por el desgaste de piezas. Por otra parte, debido a la combustión de motores y por el calentamiento derivado de la fricción entre piezas de maquinaria, se pueden generar una serie de humos y gases (p. 51).

Entre los efectos directos que pueden tener los aceites sobre la salud se incluyen:

- Irritaciones del tejido del aparato respiratorio por la presencia de gases que contienen aldehídos, acetonas, compuestos aromáticos, etc.
- Afecciones en las vías respiratorias superiores y los tejidos pulmonares por la presencia de elementos químicos como Cl (Cloro), NO₂ (dióxido de nitrógeno), SH₂ (ácido sulfhídrico), Sb (antimonio), Cr (Cromo), Ni (Níquel), Cd (Cadmio), Cu (Cobre).
- Efectos asfixiantes, impidiendo el normal transporte de oxígeno, al contener monóxido de carbono, disolventes halogenados, ácido sulfhídrico, etc.
- Posibles efectos cancerígenos sobre próstata, vejiga y pulmón por presencia de metales como plomo, cadmio, manganeso, etc.

4.5.3 Efectos en el medio ambiente.

Los efectos provocarán fundamentalmente perturbaciones sobre los ecosistemas, el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (2014), a manera de resumen menciona que “Las alteraciones de la biología de las poblaciones y su consecuencias demográficas, en último término, estos efectos desembocarán en cambios en la estructura de las comunidades ecológicas y, por lo tanto, en una alteración de la red de interrelaciones existentes” (p, 2).

Entre los principales procesos afectados, cabe destacar:

- Alteraciones del hábitat.

- Cambios en las relaciones entre predadores y presas.
- Cambios en las relaciones entre competidores.
- Alteraciones en los niveles de productividad.
- Cambios en las redes tróficas, probablemente una de las claves para comprender los impactos en el ecosistema a medio y largo plazo.

4.5.3.1 Vertidos en el suelo.

La contaminación en el suelo por petróleo y sus compuestos asociados hace que los compuestos solventes se filtren, y los sólidos y grasas permanezcan en la superficie o sean llevados hacia tierras más bajas, sobre la base de las consideraciones anteriores Bravo (2007) agrega que “la contaminación por vertidos de hidrocarburos en el suelo provoca la destrucción de los microorganismos del suelo, produciéndose un desequilibrio ecológico general” (p, 19).

4.5.3.2 Emisiones en la atmósfera.

El número de hidrocarburos implicados en la contaminación del aire es muy grande, a los efectos de este Carnicer (2007) agrega que:

En atmósferas urbanas pueden encontrarse más de 100 hidrocarburos diferentes, de los cuales los más reactivos son las olefinas, no hay pruebas que indiquen efectos nocivos directos de los hidrocarburos sobre el hombre a las concentraciones en que actualmente se presentan en el aire. A concentraciones muy elevadas los vapores de hidrocarburos, sobre todo de los aromáticos, pueden causar lesiones en las mucosas al ser inhaladas (recientemente se han probado los efectos cancerígenos del benceno) (p, 17).

4.6 Hidrocarburos totales de petróleo (PTH)

La Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (2014) sostiene que:

El término hidrocarburos totales de petróleo (TPH) se usa para detallar a un grupo amplio de sustancias químicas derivadas originalmente del petróleo, Los TPH son liberados al ambiente a raíz de accidentes antropogénicos o naturales y pueden movilizarse rápidamente, algunos de estos compuestos se evaporan en el aire otros se disuelven en el agua, otros se adhieren a partículas de suelo y pueden permanecer en el por largos periodos de tiempo, mientras que algunos serán degradados por plantas y microorganismos que habitan en el suelo (p. 12).

Todo el mundo está expuesto a los TPH de diferentes fuentes, incluyendo gasolineras, aceite derramado sobre el pavimento, y sustancias químicas usadas en el hogar y en el trabajo. Algunos compuestos de los TPH pueden afectar al sistema nervioso, produciendo dolores de cabeza y mareo. Se ha encontrado TPH por lo menos en 23 de los 1,467 sitios de la Lista de Prioridades Nacionales identificados por la Agencia de Protección Ambiental "EPA". (ATSDR, 2014, p.39).

4.7 Grasas y aceites

Se aplica a una amplia variedad de sustancias orgánicas que son extraíbles de solución o suspensión acuosa con hexano o triclorotrifluoroetano (freón); químicamente las grasas, así como los aceites, son ésteres del glicerol con ácidos grasos, Aguamarket y Cía. Ltda. (2016) argumenta lo siguiente:

Los principales compuestos disueltos por estos solventes son hidrocarburos, ésteres, aceites, ceras y ácidos grasos de alto peso molecular, todos estos compuestos producen una "sensación grasosa" y están asociados con los problemas relacionados con la grasa en el tratamiento de residuos. El aceite de motor es un aceite que se usa para lubricar diversos motores de combustión interna. Si bien el propósito principal es lubricar partes móviles reduciendo su fricción, el aceite de motor también limpia, inhibe la corrosión, mejora el sellado y reduce la temperatura del motor transmitiendo el calor lejos de las partes móviles. Los aceites de motor son derivados de compuestos

químicos sintéticos del petróleo y otros productos usados para la fabricación del aceite sintético. El aceite de motor consiste principalmente en hidrocarburos, compuestos orgánicos compuestos íntegramente de carbono e hidrógeno. (p. 1).

4.8 La fitorremediación como una alternativa para el tratamiento de los hidrocarburos en el suelo

4.8.1 Fitorremediación.

De la Vega (2014) en sus apartados hace énfasis sobre la definición e importancia que tiene la técnica de fitorremediación mencionando lo siguiente:

El término fitorremediación proviene del griego de Phyto que significa “planta” y remedium que significa “recuperar el equilibrio” y es una técnica que aprovecha la capacidad de algunas plantas para absorber, acumular, metabolizar, volatilizar o estabilizar contaminantes presentes en el suelo, aire, agua o sedimentos como metales pesados, elementos radiactivos, compuestos orgánicos y compuestos derivados del petróleo. Supone así, una alternativa a los métodos fisicoquímicos que se han utilizado tradicionalmente para solventar los problemas de contaminación ambiental (p. 12).

Mencionando un argumento adicional sobre la técnica de fitorremediación Agudelo, Macías y Suárez (2005) afirma que:

La fitorremediación es una tecnología ecológica in situ o ex situ, efectiva y de muy bajo costo en la recuperación de suelos contaminados por hidrocarburos, la cual se basa en la buena elección de algunas especies capaces de degradar, retener o disminuir a niveles inofensivos la toxicidad presente en el suelo y de esta manera lograr un proceso de recuperación de las áreas afectada (p. 59).

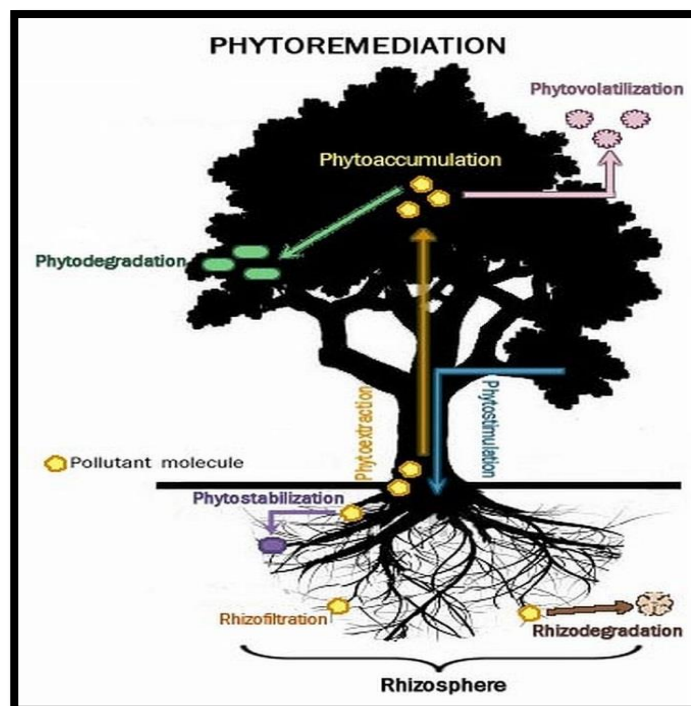


Figura 1. Fitorremediación de los contaminantes del suelo
Fuente.- Cunningham, Anderson, Schwab, y Hsu (1996).

4.8.2 Tipos de fitorremediación.

En la presente figura se representa las diferentes técnicas de fitorremediación que las plantas pueden ejercer como son la fitodegradación, fitovolatilización, fitoextracción, fitoestabilización y fitoestimulación que se utilizan para extraer, degradar, y estabilizar los contaminantes que se encuentran presentes en el suelo.

4.8.2.1 Fitoestabilización.

Mediante la fitoestabilización, los compuestos químicos producidos por la planta inmovilizan a los contaminantes; según Anderson, Guthrie, y Walton, (1993) mencionan en su artículo que:

Este proceso reduce la movilidad del contaminante y previene la migración potencial al agua subterránea o al aire y reduce la biodisponibilidad para la entrada en la cadena trófica. Esta técnica se puede utilizar para restablecer

una cubierta vegetativa en los sitios donde hay ausencia de vegetación natural debido a las concentraciones altas del metal en los suelos, y prevenir la migración de estos a otros estratos (p. 43).

4.8.2.2 Fitoestimulación.

Es la interrupción de los contaminantes en el suelo con la actividad microbiana que es mejorada por la presencia de la rizosfera y es un proceso mucho más lento que la fitodegradación; por ende Anderson et al. (1993) mencionan que:

Los microorganismos (levaduras, hongos o bacterias) consumen y digieren las sustancias orgánicas para la nutrición y la energía. Ciertos microorganismos pueden digerir sustancias orgánicas tales como combustibles o solventes que sean peligrosos para los seres humanos y transformarlos en productos inofensivos con la biodegradación (p.44).

4.8.2.3 Fitoextracción.

El método de fitorremediación, también conocido como fitoacumulación, consiste en la absorción de metales contaminantes mediante las raíces de las plantas y su acumulación en tallos y hojas, por consiguiente Becerra, García, Monterroso y Kidd (2007) mencionan que:

Para ello, el primer paso es seleccionar adecuadamente las plantas según los metales que se encuentren presentes así como las características del emplazamiento. Una vez que se ha producido el desarrollo vegetativo de la planta, se corta y se procede a su incineración, trasladando las cenizas a un vertedero de seguridad. La ventaja de la Fitoextracción es que el proceso se puede repetir de forma ilimitada hasta que se consiga una concentración de contaminante en el medio aceptable dentro de los límites considerados. Algunas de las plantas utilizadas en este método de fitorremediación son *Phragmites*, *Typha latifolia* y *Cyperus parirus* para tratar contaminantes de petróleo en el suelo (p. 26).

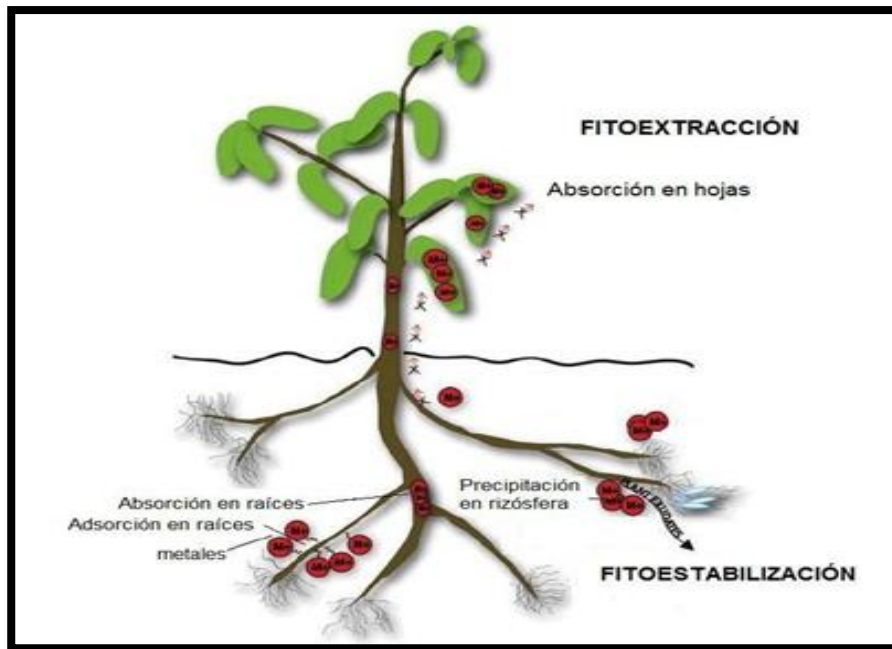


Figura 2. Esquema de la fitoextracción.
Fuente (Samboni, 2014)

El tiempo que tarda en hacer su efecto la fitorremediación depende de los factores de cada lugar, la clase de contaminante, la cantidad, el método de fitorremediación y el tipo de planta que se utilice, según Becerra et al. (2007) afirma que:

A pesar del gran número de ventajas que acompañan a este sistema también existen algunas limitaciones, ya que sólo se puede utilizar de forma eficiente en casos de contaminación más o menos superficial y de baja concentración de contaminante. Por tanto, es necesaria una mayor investigación sobre la fitorremediación para poder llevar a cabo este método de recuperación de forma más eficiente y extensa en otros supuestos de contaminación (p. 26).

4.8.2.4 Fitodegradación.

Los autores Anderson et al. (1993) en sus manifestaciones establecen que:

En este proceso, las plantas metabolizan y destruyen realmente a los contaminantes dentro de los tejidos finos de la planta, los cuales se utilizan

como nutrientes. Las plantas producen las enzimas, tales como deshalogenasa y oxigenasa, que ayudan a catalizar la degradación (p. 19).

4.8.2.5 Fitovolatilización.

“Es la absorción y transpiración de un contaminante al interior de una planta, el contaminante ya transformado en compuestos menos tóxicos, es eliminado por la planta a la atmósfera” (Anderson et al. 1993, p. 15).

4.8.2.6 Rizofiltración.

“Es la adsorción o la precipitación de los contaminantes sobre las raíces o la absorción de los contaminantes por la planta a través de las raíces que están en la solución que rodea la zona de la raíz” (Anderson et al. 1993, p. 16).

4.9 Mecanismos de la fitorremediación de los hidrocarburos del petróleo

“Hay tres mecanismos primarios por los cuales el suelo y el agua son remediados por las plantas y microorganismos. Estos mecanismos incluyen la degradación y la contención, así como la transferencia de los hidrocarburos del suelo a la atmósfera” (Davis, Erickson, Lee, Shimp, y Tracy, 1993, p.52).

4.9.1 Degradación.

Las plantas y los microorganismos están implicados directamente e indirectamente en la degradación de los hidrocarburos del petróleo en productos (Ej., alcoholes, ácidos, dióxido de carbono y agua) que son generalmente menos tóxicos y menos persistentes en el ambiente que el compuesto original. Como complemento los autores Davis et al. (1993) menciona que:

Aunque las plantas y los microorganismos pueden degradar los hidrocarburos del petróleo independientemente el uno del otro, la técnica de fitorremediación implica la interacción entre las plantas y los microorganismos (es decir, el efecto de la rizosfera) que es el mecanismo primario responsable de la degradación petroquímica (p. 55).

4.9.1.1 Degradación Directa.

Proceso de la planta que degrada por sí mismo a los contaminantes. Davis et al. (1993) sostienen que:

Esto puede ocurrir con un contaminante dentro de la planta introduciéndolo en el metabolismo, transformándolo o mineralizando a una forma menos tóxica a través de los exudados. La evidencia con respecto a la degradación directa de los hidrocarburos del petróleo por las plantas es algo limitada en cantidad (p. 57).

4.9.1.2 Degradación Indirecta.

Davis et al. (1993) establece en su artículo que los papeles indirectos desempeñados por las plantas en la degradación de los hidrocarburos del petróleo, incluyen:

- La fuente de los exudados de la raíz que causan el efecto de la rizosfera y mejoran la degradación cometabólica.
- La asociación de las enzimas de la raíz capaces de transformar a los agentes contaminantes orgánicos.
- Los efectos físicos y químicos de las plantas y sus sistemas de la raíz.

4.9.1.3 Exudados de la raíz.

Los exudados de la raíz son el acoplamiento entre las plantas y los microorganismos que como resultado de esto conduce al efecto de la rizosfera, refiriéndose a lo mencionado Anderson y Walton (1993) establecen lo siguiente:

El tipo y la cantidad de exudado de la raíz dependen de la especie de la planta y de la etapa del desarrollo de la planta, el tipo de exudado de la raíz es también probable ser específico del sitio y del tiempo. El sitio y el factor tiempo incluyen las variables tales como tipo de suelo, niveles de nutrientes, pH, humedad, temperatura, estado del oxígeno, intensidad de luz y concentración atmosférica del dióxido de carbono que afectan el tipo y la cantidad de exudados de la raíz, el tipo de exudado de la raíz puede influenciar en la interacción entre las plantas y los microorganismos del suelo. Las interacciones pueden ser específicas o no específicas dependiendo del exudado. Las interacciones específicas ocurren cuando la planta exuda un compuesto específico (o compuestos) en respuesta a la presencia de un contaminante, las interacciones no específicas ocurren cuando los exudados típicos o normales de la planta son químicamente similares al contaminante orgánico, dando por resultado una actividad microbiana creciente y la degradación creciente de los contaminantes. (p. 27, 28, 29).

4.9.1.4 Enzimas de la planta implicadas en la Fitorremediación.

Otro papel indirecto que las plantas desempeñan en la degradación de los hidrocarburos del petróleo, implica la emisión de enzimas por parte de las raíces, Anderson y Walton (1993) establece que “estas enzimas son capaces de transformar a los contaminantes orgánicos catalizando las reacciones químicas en el suelo” (p. 43).

4.9.1.5 El uso de las raíces de plantas para la Fitorremediación.

Gleba y Borisjuk (1999) menciona que la fitorremediación fue desarrollada para aprovechar la capacidad de las raíces de la planta para absorber o secretar varias sustancias, así mismo:

La biotecnología está transformando a la agricultura del mundo, agregando nuevos rasgos a las plantas. Además de las aplicaciones convencionales, la biotecnología abre las puertas a las aplicaciones de las plantas que están ganando la mayor aceptación del público y la atención de la comunidad científica. Estas aplicaciones "de valor añadido" incluyen la fitorremediación, el uso de plantas para eliminar los agentes contaminantes del ambiente, sin embargo, estas tecnologías mejorarán la calidad de vida para mucha gente si su desarrollo continúa. El próximo desafío para la fitoextracción de metales es reducir más el costo y aumentar el espectro de los metales favorables a esta tecnología. Esta meta puede ser alcanzada creando las variedades de plantas superiores para la fitoextracción usando la ingeniería genética para introducir rasgos valiosos en las plantas (p. 12,13).

4.9.2 Contención.

La contención implica el usar las plantas para reducir o para eliminar la biodisponibilidad de los contaminantes del medio ambiente, de igual manera los autores Anderson, Guthrie, y Walton (1993) mencionan que:

Los contaminantes no se degradan necesariamente cuando se contienen. Los mecanismos directos de la contención de las plantas incluyen la acumulación de los hidrocarburos del petróleo dentro de las plantas y de la adsorción de los contaminantes en la superficie de la raíz, además las plantas actúan indirectamente para contener a los contaminantes, suministrando las enzimas que ligan a los contaminantes en la materia orgánica del suelo (humus) en un proceso llamado humificación y aumentando el contenido de la materia orgánica del suelo. (p. 18, 19).

4.9.2.1 Acumulación de los hidrocarburos de petróleo por las plantas.

Este proceso de acumulación puede tomar diversas formas en diversas especies de plantas, sobre la base del tema expuesto Gleba y Borisjuk (1999) afirman que:

La captura es un proceso para inmovilizar a un contaminante, se han identificado ciertas plantas que no sólo acumulan a los metales en la estructura de la raíz, sino también después desplazan los metales acumulados de la raíz a la hoja. Algunas de las plantas hiperacumuladoras son pequeñas de tamaño, de modo que acumulan porcentajes significativos de metales pesados, debido a que su biomasa es baja con relación a la cantidad total del contaminante. (p. 23, 25).

4.9.3 Transferencia de los hidrocarburos del petróleo a la atmósfera.

El suelo puede ser fitorremediado usando las plantas para transferir los hidrocarburos volátiles del petróleo del suelo a la atmósfera, Gleba y Borisjuk (1999) determinan que “esto ocurre mientras las plantas toman el agua y a los contaminantes orgánicos. Algunos de estos contaminantes pueden pasar a través de las raíces a las hojas y volatilizarlos a la atmósfera en concentraciones comparativamente bajas” (p. 37).

4.10 Técnicas usadas para mejorar la fitorremediación

Varias técnicas, sobre todo agronómicas, se pueden utilizar para mejorar la eficacia de la fitorremediación. Estas técnicas incluyen el uso de fertilizantes y/o abonos y surfactantes en el suelo contaminado, incluso si el suelo contaminado no es inicialmente limitado de nutriente, los nutrientes disponibles en el suelo se pueden utilizar rápidamente para que los microorganismos degraden los hidrocarburos del petróleo, El uso del fertilizante puede por lo tanto, mejorar la degradación de los hidrocarburos del

petróleo reduciendo la competencia entre las plantas y los microorganismos. La labranza puede también desempeñar un papel importante dentro de la fitorremediación aireando el suelo y mezclando el fertilizante, en el suelo contaminado antes de plantar. (EPA, 1996, p. 74,75).

Así mismo Delgadillo, González, Villagómez y Acevedo (2011) establece que:

Las plantas Genéticamente Modificadas diseñadas para este fin, son capaces de metabolizar compuestos orgánicos o bien de acumular mayor cantidad de contaminantes inorgánicos. Generalmente, la fitorremediación es una función conjunta entre la planta y los microorganismos de la rizósfera, algunas especies de bacterias degradan, de manera selectiva, ciertos compuestos que son tóxicos para las plantas. Los productos metabólicos del proceso microbiano son asimilados y convertidos, por las especies vegetales, en compuestos menos tóxicos. Por lo tanto, las modificaciones genéticas de los microorganismos presentes en la rizósfera representan una posibilidad en el mejoramiento de las técnicas fitocorrectivas, además, la introducción de microorganismos GM asegura que los cambios se limiten a los consorcios bacterianos presentes en la raíz y que estos no se encuentren en el suelo circundante. (p. 43).

4.11 Fitorremediación vs. métodos tradicionales

En sus enunciados EPA (1997) menciona que la fitorremediación es considerada en todo el mundo como una tecnología innovadora para el tratamiento de residuos tóxicos sólidos o líquidos con el objeto de recuperar suelos y aguas contaminadas. (p. 79).

Entre las diversas categorías de la fitorremediación se destacan:

- La fitoextracción: uso de plantas para remover contaminantes del suelo.
- La fitoestabilización: uso de plantas para transformar los metales del suelo en formas menos tóxicas (o no tóxicas).

- También despierta interés, para los fines descritos, el sistema de asociación de plantas con los organismos de la rizosfera.

Los estudios que se disponen coinciden en señalar que se trata de una técnica más limpia, simple, efectiva y aún de menor costo, en relación con los métodos fisicoquímicos que se usan en la actualidad, tales como el reemplazo de suelos, la solidificación, el lavado o la incineración, estos últimos, han sido asociados con altos índices de contaminación atmosférica y por otra parte, requieren de altos costos. Otra ventaja que ofrece la fitorremediación sobre los métodos tradicionales es que permite la eliminación selectiva de contaminantes y su recuperación para futuros usos (p. 80).

4.12 Ventajas directas de la fitorremediación

Técnica realizada in situ, está particularmente bien adaptada al tratamiento de áreas grandes de la contaminación superficial, cuando otros métodos pueden no ser rentables, Erickson et al. (1994) en sus estudios determinan que:

La principal ventaja de la fitorremediación es que implica generalmente menos disturbio superficial que los métodos ex situ y de tal modo reduce el potencial para la exposición humana a los contaminantes. Los métodos in situ también requieren de una cantidad mínima de instalaciones. Al remediar un sitio contaminado con plantas es mucho menos costoso que las opciones convencionales. Los costos de las instalaciones son típicamente muy bajos. La aceptación pública de un proyecto de fitorremediación es muy aceptada, debido a la estética y al mínimo disturbio ambiental (p. 93).

4.13 Ventajas indirectas de la fitorremediación

Erickson et al. (1994) argumenta las siguientes ventajas indirectas:

- Una ventaja indirecta de la fitorremediación es el mejoramiento de la calidad del suelo, mejorando la porosidad y por lo tanto, la infiltración del agua, además proporciona nutrientes y aumenta el carbón orgánico del suelo.

El uso de las plantas es un esfuerzo de la remediación para estabilizar el suelo, así previniendo la erosión y la exposición humana. Así mismo, la fitorremediación tiene el potencial de ayudar a reducir emisiones de gas de invernadero porque no requiere el uso de bombas o motores que emiten los gases. (p. 96).

- Otra ventaja indirecta es que el crecimiento de ciertas plantas robustas en un suelo contaminado puede permitir el crecimiento de otras plantas menos robustas. (p. 96).

4.14 Limitaciones de la fitorremediación

La contaminación del hidrocarburo de petróleo debe ocurrir a profundidades bajas para que la fitorremediación sea eficaz. Sin embargo Erickson et al. (1994) en sus apartados establecen que:

Algunas plantas, tales como los árboles, pueden tener sistemas de la raíz que se puedan extender hasta una profundidad de 60m, la mayoría de las plantas no producen raíces a esta profundidad y la densidad de la raíz disminuye generalmente con la profundidad. La fitorremediación es más lenta que los métodos ex situ, requiriendo típicamente varias estaciones para la limpieza del sitio. El tiempo requerido para alcanzar los estándares de la limpieza que usa la fitorremediación puede ser particularmente largo para los agentes contaminantes hidrofóbicos que están limitados firmemente a las partículas del suelo. Cuando el contaminante presenta un peligro inmediato a la salud humana o al ambiente, la fitorremediación no es una solución apropiada. La eficacia de la fitorremediación también dependerá de la naturaleza química de los contaminantes. Las condiciones ambientales, tales como textura del suelo, pH, salinidad, disponibilidad de oxígeno, temperatura y nivel de los contaminantes del hidrocarburo deben estar dentro de los límites tolerados por las plantas, además, las plantas no crecerán si las concentraciones del contaminante son demasiadas altas. Así, la fitorremediación del contaminante no procederá a menos que se realiza un pretratamiento del suelo para reducir la fototoxicidad (p. 102,103).

4.15 Costos de la fitorremediación

Varios factores contribuyen al bajo costo de la fitorremediación y los principales según Erickson et al. (1994) son:

El costo de aplicar sistemas de cultivo para la fitorremediación se ha estimado en \$0.02USD a \$1.00USD por m³ por el año (o \$200USD a \$10,000USD por hectárea), que es menos costoso que las tecnologías de remediación físicoquímicas. Los costos de inversión de remediación in situ son generalmente más bajos que para los tratamientos ex situ. Los proyectos ex situ del tratamiento son más rápidos, pero a la vez más costosos, extendiéndose a partir de \$60,00 USD hasta \$1.180,00 USD por m³. Es interesante observar que en la fitorremediación los costos agronómicos, incluyendo labrar, plantar, fertilizar y cosechar, pueden ser insignificantes. Los costos también son dependientes en las características del suelo, condiciones del sitio y volumen total a ser remediado (p. 109,110).

4.16 Especies vegetales utilizadas para el proceso de fitorremediación

Las especies que se han escogido para el proceso de fitorremediación en suelos contaminados por desechos de hidrocarburos, habitan en el lugar de estudio son resistentes a la variación de temperatura y son consideradas malas hierbas e invasoras mismas que afectan a los cultivos de la zona.

4.16.1 *Paspalum millegrana L.*

4.16.1.1 *Descripción morfológica.*

Según Lugo y Más (2013) en sus artículos científicos mencionan que ésta especie vegetal es:

Gramínea de crecimiento erecto que forma cepas frondosas y vigorosas. Alcanza 1.60 m de altura. Sus hojas miden 2.54 cm de ancho y hasta 60 cm

de largo, color verde oscuro, con los márgenes filosos. La base de las hojas es color púrpura. La inflorescencia, panoja con 12-25 racimos rígidos, y sus espiguillas son color verde a púrpura (p. 239).



Fotografía 1.- Especie vegetal *Paspalum millegrana* L.

4.16.1.2 Taxonomía.

Taxonomía de la especie *Paspalum Millegrana* L. según Rojas, Vibrans, y Tenorio Lezama (2010).

Reino:	Plantae
Subreino:	Traqueobionta
División:	Magnoliophyta
Subdivisión:	Spermatophyta
Clase:	Liliopsida
Orden:	Cyperales

Familia:	Poaceae
Género:	Paspalum
Especie:	Millegrana
Nombre Científico:	<i>Paspalum millegrana</i> L.
Nombre Vulgar:	Hierba Cortadera

4.16.1.3 Descripción botánica.

La Universidad de Puerto Rico (2011) en sus textos menciona que “La hierba cortadera se propaga por semillas y de pedazos de la macolla, la inflorescencia consiste de unos 10 a 16 racimos semejantes a una panoja con espiguillas color púrpura” (p. 1). Además Lugo y Más (2013) describen que “esta especie vegetal habita en suelos húmedos o sujetos a inundaciones o encharcamiento, Pasturas y tierras agrícolas y tierras húmedas abandonadas y su raíz es fasciculada” (p. 239).

4.16.2 *Bidens pilosa* L.

4.16.2.1 Descripción morfológica.

Según la Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana (2009) sostiene que:

Esta hierba dura un año con tallos erguidos y ramosos con pelos o lampiños, las hojas están compuestas por 3 hojitas o a veces 5 o 7, con los bordes parecidos a una sierra. Las cabezuelas son del tipo de la margarita, las flores de la periferia tienen pétalos parecidos a una lengüeta color blanco o blanco-amarillentas y las flores del centro son amarillas. Los frutos son secos y comprimidos, en forma de pescado, café oscuros o amarillos.



Fotografía 2.- Especie vegetal *Bidens pilosa* L.

4.16.2.2 Taxonomía.

Taxonomía de la especie *Bidens pilosa* L. según Rojas et al. (2010).

Reino:	Plantae
Subreino:	Traqueobionta
División:	Magnoliophyta
Subdivisión:	Spermatophyta
Clase:	Magnoliophyta
Orden:	Asterales
Familia:	Astaraceae
Género:	Bidens
Especie:	Pilosa
Nombre Científico:	<i>Bidens pilosa</i> L.

Nombre Vulgar: Wichingue

4.16.2.3 Descripción botánica.

A continuación se detalla la descripción botánica de la especie vegetal *Bidens pilosa* L.

El origen y distribución geográfica de la especie vegetal *Bidens pilosa* L. es de California E.U.A a Centroamérica, el hábito y forma de vida es anual, comúnmente ramificada desde la base, con o sin pelos; el tamaño es hasta 1 m. de alto, el tallo es cuadrangular, sus hojas cuentan con peciolo de hasta 8 cm de largo; lámina de hasta 13.5 cm de largo y 11 cm de ancho, partida en 3 a 5 folíolos simples, ovados a lanceolados, agudos a acuminados en el ápice, toscamente aserrados, con pelos esparcidos en ambas caras. La inflorescencia consta de Varias cabezuelas agrupadas en cimas corimbosas en las porciones terminales de las ramas; los frutos y semillas son aquenios de 5 a 18 mm de largo, los interiores lineares y más largos, los exteriores más o menos comprimidos dorso-ventralmente y más cortos, negruzcos a cafés, vilano por lo común de 3 aristas amarillas, de 1 a 3 mm de largo; esta especie vegetal habita en lugares abiertos, cultivos, bordes de caminos y baldíos, cuenta con una raíz pivotante. La planta se encuentra desde el nivel del mar hasta los 2500 m.s.n.m, se propaga por semillas, los frutos se pegan a la ropa facilitando así su diseminación, florece en primavera y verano; esta especie es hospedera alterna del nematodo *Meloidogyne* sp. y de los patógenos *Cercospora* sp. y *Uromyces* sp. su polen es preferido por moscas de la familia Tachinidae que son parásitas de algunas larvas. (Mondragón y Vibrans, 2019, p. 1).

4.17 Otros estudios realizados

Los siguientes estudios expresan la importancia de realizar proyectos de investigación aplicando técnicas de fitorremediación para degradar desechos contaminantes de hidrocarburos presentes en el suelo, resaltando a estas técnicas de factibles, ecológicas y de bajo costo.

4.17.1 Estudio 1.- Fitorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos de petróleo.

Con el objetivo de conocer la capacidad de la planta de girasol *Helianthus annuus L.*, para crecer, absorber y acumular metales pesados como el plomo en sus tejidos, se instaló un experimento en el Laboratorio de Fertilidad de la Universidad Agraria La Molina, que duró 60 días. Se utilizó el diseño estadístico completamente al azar, con tres repeticiones. Las muestras de suelos fueron tomadas de los alrededores de la refinería Maple Gas – Pucallpa con acondicionadores: humus de lombriz, aserrín de bolaina blanca y perlita blanca; y como planta fitoextractora, el girasol *Helianthus annuus L.* Los resultados y la prueba de significación estadística arrojaron que el tratamiento T4 (suelo contaminado más humus y aserrín de bolaina) y el tratamiento T6 (suelo contaminado más humus y perlita) obtuvieron un mejor crecimiento en altura y peso seco de los tejidos de la planta (raíz, tallo y hojas). Además extrajeron y acumularon mayor cantidad de metales pesados de los hidrocarburos de petróleo, como es el Pb, en comparación con los demás tratamientos. Esto confirma que la planta de girasol es un buen fitoextractor por haber acumulado plomo en un rango de 21.03 y 26.99 ppm de Pb. (Buendía, Cruz, Meza y Arévalo, 2014, p. 113).

4.17.2 Estudio 2.- Evaluación de la tolerancia a suelos contaminados con aceite diésel en especies vegetales con potencial fitorremediador.

Los suelos contaminados con petróleo o sus derivados pueden ser remediados a través de diversos métodos, dentro de los cuales se encuentran aquellos que emplean organismos vivos tales como plantas, que poseen la capacidad de mineralizar estos compuestos transformándolos en otros más simples, asimilables a compuestos naturales. Al encarar proyectos de fitorremediación es importante emplear plantas nativas porque están adaptadas a las condiciones ecológicas particulares de la región. En el presente proyecto se trabajó con cariopses de *Spartina argentinensis*, *Paspalum guenoarum*, *Paspalum atratum* y semillas sensu stricto de *Melilotus alba*, las semillas de *Spartina* provenían de una población natural de la reserva Federico Wildermuth (Santa Fe, Argentina), las semillas de las especies del género *Paspalum* provenían de la Universidad Nacional del Nordeste (Argentina) y las de *M. albus*, de una variedad comercial. En el presente trabajo como primera etapa se evaluó la respuesta de *Spartina argentinensis*, *Paspalum atratum*, *Paspalum guenoarum* y *Melilotus albus* a la presencia de aceite diesel, considerando la germinación de sus semillas, la emergencia de plántulas y la biomasa alcanzada en suelos que contenían 1 y 2 % de aceite diesel, en condiciones experimentales. Todos estos parámetros se vieron afectados con las concentraciones de contaminante empleadas, sin embargo, las plantas pudieron prosperar demostrando en consecuencia que podrían ser empleadas en proyectos de fitorremediación. (Pettenello y Feldman, 2012, p. 14).

Las concentraciones de 15, 5 y 1 % de aceite diésel fueron tóxicas para *S. argentinensis* y las dos especies de *Paspalum* (0 % de germinación), mientras que

M. albus mostró un comportamiento diferencial frente a las mismas. Las concentraciones menores de aceite diésel (0,8; 0,5 y 0,25 %), no afectaron al poder germinativo de *S. argentinensis*, pero sí tuvieron un efecto negativo sobre *P. guenoarum* y *P. atratum*. (Petenello y Feldman, 2012, p. 92).

El agregado de aceite diésel no afectó al número de plántulas de *M. alba* que emergieron, aunque sí afectó inicialmente a los de *S. argentinensis* y *P. guenoarum*. Una semana después de la siembra, hubo un efecto diferencial de *S. argentinensis*, según la dosis aplicada y hacia el final del período la dosis más baja no difirió del testigo. *P. guenoarum* demoró más en emerger, pero finalmente no se observó depresión por el agregado de aceite diésel, al igual que en *P. atratum*. La incorporación de aceite diésel afectó la altura de *P. guenoarum* y la expansión de la hoja de *M. albus*. (Petenello y Feldman, 2012, p. 93).

A los 60 días, la presencia de aceite diésel afectó negativamente la acumulación de biomasa en *S. argentinensis* en las dos concentraciones evaluadas (1 y 2 %); en tanto que para las dos especies de *Paspalum*, solo la dosis del 2 % disminuye la acumulación de biomasa. Treinta días más tarde, las diferencias se mantuvieron en las gramíneas, mientras que en *Melilotus*, ambas concentraciones de aceite diésel deprimieron el crecimiento con igual intensidad. (Petenello y Feldman, 2012, p. 94).

En el caso particular de las especies *Paspalum millegrana* L. y *Bidens pilosa* L. en investigación no se han encontrado estudios científicos realizados en fitorremediación para degradar contaminantes de hidrocarburos presentes en el suelo, la moción por la que se la escogió a esta planta es porque se encuentra en el lugar de estudio, son resistentes a las variaciones climáticas, su ciclo de

propagación es rápido, son consideradas como malas hierbas y ejercen su ciclo de crecimiento en suelos contaminados por hidrocarburos.

4.18 Marco legal favorable

4.18.1 Constitución Política de la República del Ecuador (2008).

La Constitución de la República del Ecuador (2008) en sus enunciados menciona lo siguiente:

Capítulo II, Derechos del Buen vivir, Sección II, 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*. (CRE, 2008, p. 7).

Capítulo II, Biodiversidad y recursos naturales, Sección V, 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. (CRE, 2008, p. 114).

Capítulo II, Biodiversidad y recursos naturales, Sección V, Art. 410. El Estado brindará a los agricultores y a las comunidades rurales apoyo para la conservación y restauración de los suelos, así como para el desarrollo de prácticas agrícolas que los protejan y promuevan la soberanía alimentaria. (CRE, 2008, p. 144).

4.18.2 Ley de Gestión Ambiental.

La Ley de Gestión Ambiental establece que la Autoridad Ambiental Nacional la ejerce el Ministerio del Ambiente, instancia rectora, coordinadora y reguladora del

sistema nacional descentralizado de Gestión Ambiental; sin perjuicio de las atribuciones que en el ámbito de sus competencias y acorde a las Leyes que las regulan, ejerzan otras instituciones del Estado. (CRE, 2008, p 1).

Capítulo V, Instrumento de aplicación de normas ambientales, Art. 33.

Establécense como instrumentos de aplicación de las normas ambientales los siguientes parámetros de calidad ambiental, normas de efluentes y emisiones, normas técnicas de calidad de productos, régimen de permisos y licencias administrativas, evaluaciones de impacto ambiental, listados de productos contaminantes y nocivos para la salud humana y el medio ambiente, certificaciones de calidad ambiental de productos y servicios y otros que serán regulados en el respectivo reglamento. (CRE, 2008, p. 6).

Capítulo V, Instrumento de aplicación de normas ambientales, Art. 35.

El Estado establecerá incentivos económicos para las actividades productivas que se enmarquen en la protección del medio ambiente y el manejo sustentable de los recursos naturales. Las respectivas leyes determinarán las modalidades de cada incentivo. (CRE, 2008, p. 6).

4.18.3 Acuerdo Ministerial número 097A.

“El Acuerdo Ministerial número 097A que sustituye al Acuerdo Ministerial 061 y al libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, mismo que establece los procedimientos y regula las actividades y responsabilidades públicas y privadas en materia de calidad ambiental” (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2015, p. 1).

4.18.3.1 A continuación se mencionan algunas definiciones que se describen en el presente Acuerdo Ministerial 097A:

Actividades potencialmente contaminantes del suelo.- Aquellas actividades de origen antrópico que, ya sea por el manejo de sustancias peligrosas o la generación de residuos que podrían contaminar al suelo. (MAE, 2015, p. 26).

Desechos peligrosos.- Los desechos sólidos, pastosos, líquidos o gaseosos resultantes de un proceso de producción, extracción, transformación, reciclaje, utilización o consumo y que contengan alguna sustancia que tenga características corrosivas, reactivas, tóxicas, inflamables, biológico infecciosas y/o radioactivas, que representen un riesgo para la salud humana y el ambiente de acuerdo a las disposiciones legales aplicables, y lo establecido en el presente Libro. (MAE, 2015, p. 27).

Límites máximos permisibles.- Valores límites de contaminación de suelos determinados para cada parámetro. (MAE, 2015, p. 28).

Muestra.- Porciones representativas de un suelo para definir su calidad ambiental, tomadas de acuerdo a un plan de muestreo. (MAE, 2015, p. 28).

Muestra simple.- material colectado de un solo punto de muestreo. (MAE, 2015, p. 28).

Muestra compuesta.- Conjunto de varias sub muestras representativas de un área de suelo. (MAE, 2015, p. 28).

Remediación.- Conjunto de medidas y acciones que forman parte de la reparación integral, tendientes a restaurar afectaciones ambientales producidas por

impactos ambientales negativos o daños ambientales, a consecuencia del desarrollo de actividades, obras o proyectos económicos o productivos. (MAE, 2015, p. 29).

Suelo contaminado.- Todo aquel cuyas características físicas, químicas y biológicas naturales, han sido alteradas debido a actividades antropogénicas y representa un riesgo para la salud humana o el ambiente. (MAE, 2015, p. 29).

4.18.3.2 De las actividades que degradan la calidad del suelo

Las personas naturales o jurídicas públicas o privadas dedicadas a la comercialización, almacenamiento y/o producción de químicos, hidroelectricidad, exploración y explotación hidrocarburífera, minera, florícola, pecuaria, agrícola y otras, tomarán todas las medidas pertinentes a fin de que el uso de su materia prima, insumos y/o descargas provenientes de sus sistemas de producción, comercialización y/o tratamiento, no causen daños físicos, químicos o biológicos a los suelos. (MAE, 2015, p. 31).

4.18.3.2.1 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 remediación 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).

La Autoridad Ambiental Competente debe exigir al causante y/o responsable, la remediación integral y/o restauración del sitio contaminado, y el seguimiento de

las acciones de remediación, hasta alcanzar los objetivos o valores establecidos en la presente norma. (MAE, 2015, p. 31).

4.18.3.3 Criterios de calidad de suelo y criterios de remediación.

4.18.3.3.1 Caracterización inicial del suelo.-

La calidad inicial del suelo presentado por el proponente, como parte del Estudio de Impacto Ambiental, constituirá el valor referencial respecto al cual se evaluará una posible contaminación del suelo, en función de los parámetros señalados en la Tabla 1. (MAE, 2015, p. 33).

4.18.3.3.2 Criterios de calidad del suelo.

Los criterios de calidad del suelo son valores de fondo aproximados o límites analíticos de detección para un contaminante presente en el suelo. Los valores de fondo se refieren a los niveles ambientales representativos para un contaminante en el suelo. Estos valores pueden ser el resultado de la evolución natural del área, a partir de sus características geológicas, sin influencia de actividades antropogénicas. Los criterios de calidad del suelo constan en la Tabla 1. (MAE, 2015, p. 33).

4.18.3.3.3 Criterios de remediación del suelo.

Los criterios de remediación se establecen de acuerdo al uso del suelo, tienen el propósito de establecer los niveles máximos de concentración de contaminantes en un suelo luego de un proceso de remediación, y son presentados en la Tabla 2. (MAE, 2015, p. 33).

4.18.3.4 Muestreo y análisis de suelo.

4.18.3.4.1 De la toma de muestras para caracterización de suelos

Se tomará una muestra compuesta por cada 100 hectáreas, formada por 15 a 20 submuestras georeferenciadas, cada una con un peso no inferior a 0.5 kg tomadas a una profundidad entre 0 a 30 cm. Las submuestras serán mezcladas y homogenizadas para obtener una muestra compuesta representativa del suelo, de la cual se tomará un peso de entre 0.5 y 1.0 kg, que servirá para realizar los análisis requeridos. (MAE, 2015, p. 33).

Para los proyectos, obras o actividades menores a 100 hectáreas, se tomará una muestra compuesta bajo las condiciones detalladas en el párrafo que antecede. Para ejecutar el muestreo, se trazará una cuadrícula sobre el área del proyecto, y dentro de ella se tomarán las submuestras de forma aleatoria hasta completar el número señalado. En caso de existir diversidad de tipos de suelo, se tomará una muestra compuesta para cada uno de los tipos presentes en el área, de acuerdo a las condiciones antes señaladas. La toma de muestras será efectuada por un laboratorio acreditado por el Servicio de Acreditación Ecuatoriano o el que lo reemplace. (MAE, 2015, p. 33).

4.18.3.5 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. Adicionalmente, para suelos remediados, se harán determinaciones vía lixiviado. (MAE, 2015, p. 33).

4.18.3.6 Remediación del suelo.

4.18.3.6.1 Del proceso de remediación.

En el caso de determinarse la contaminación del suelo, el sujeto de control pondrá en ejecución las medidas establecidas en el programa de remediación aprobado por la Autoridad Ambiental Competente de acuerdo a lo establecido en el numeral 4.3.1.5 de la presente norma y/o la normativa sectorial en el caso de que aplique, dentro de los plazos y condiciones señaladas para su adopción y ejecución. El plazo dependerá de la situación, y será definido por la Autoridad Ambiental Competente. (MAE, 2015, p. 34).

4.18.3.7 De los resultados de la remediación.

La declaración de suelo contaminado quedará sin efecto una vez que el sujeto de control remita el respectivo informe en el cual se pueda verificar mediante análisis de laboratorio que los parámetros se encuentran dentro de los límites permisibles, lo cual será notificado al sujeto de control. (MAE, 2015, p. 34).

4.18.3.8 Criterios de remediación.

A continuación se presenta la tabla de criterios de remediación de suelos en donde se encuentran los límites máximos permisibles para suelos residenciales, comerciales y agrícolas.

Tabla 1. Criterios de remediación (VALORES MÁXIMOS PERMISIBLES)

Parámetro	Unidades	USO DEL SUELO			
		Residencial	Comercial	Industrial	Agrícola
Parámetros Generales					
Conductividad	uS/mm	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.- (MAE, 2015, P. 35).

5 MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Materiales

Para realizar el diagnóstico y trabajo de campo se menciona a detalle las herramientas, instrumentos y equipos que se utilizó durante las diferentes etapas del presente proyecto de investigación.

5.1.1 Materiales de campo.

- GPS
- Cámara fotográfica
- Carretilla
- Malla
- Frascos de vidrio para transportar las muestras
- Guantes quirúrgicos
- Fundas herméticas ziploc
- Barreta
- Lampa
- Balanza
- Flexómetro
- Machete
- Clavos de 2"
- Plástico N° 8
- Piola
- Tablas
- Segueta
- Kit de jardinería (Espátula, rastrillo, tijera)

5.1.2 Materiales y equipos de oficina.

- Laptop

- Impresora
- Bolígrafos
- Paca de papel A4
- Tinta para impresora
- Flash memory
- Hoja de custodia
- Etiquetas
- Encuestas
- CD's

5.2 Métodos

5.2.1 Ubicación política y geográfica del área de estudio.

El área del proyecto de investigación se encuentra dentro de los predios de la Lavadora y Lubricadora Marifer, políticamente se ubicada en el barrio Tunantza, perteneciente a la parroquia Zamora, cantón Zamora, provincia de Zamora Chinchipe, y geográficamente entre las coordenadas UTM: X 731485, Y 9552515 a una altitud media de 970 m.s.n.m. ésta lavadora se localiza en la vía troncal Amazónica en dirección a Yantzaza a 5.5 Km, del centro urbano de la ciudad de Zamora, cerca del río Zamora.

5.2.2 Aspectos biofísicos y climáticos.

5.2.2.1 Clima.

“El lugar se caracteriza por poseer climas muy variados predominando el clima templado, subtropical húmedo, la humedad relativa es bastante alta y alcanza hasta un 90%” (Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Zamora Ch., 2015, p. 17).

5.2.2.2 Temperatura.

“El clima de la ciudad de Zamora es cálido húmedo caracterizado por una temperatura media que oscila entre los 18 y 22 °C, no existiendo diferencia estacional entre verano e invierno” (GAD Provincial de Zamora Ch., 2015, p. 17).

5.2.2.3 Precipitaciones.

“Recibe precipitaciones entre 1000 a 1500 mm en general las lluvias se distribuyen de enero a mayo, aunque la tendencia general es tener algo de lluvia durante todo el año” (GAD Provincial de Zamora Ch., 2015, p. 17).

5.2.2.4 Hidrología.

En lo que se refiere a Hidrología al margen derecho de la lavadora se encuentra la quebrada Tunantza de la cual se extrae el agua para el lavado de los vehículos, ésta quebrada desemboca en el río Zamora.

5.2.2.5 Suelo.

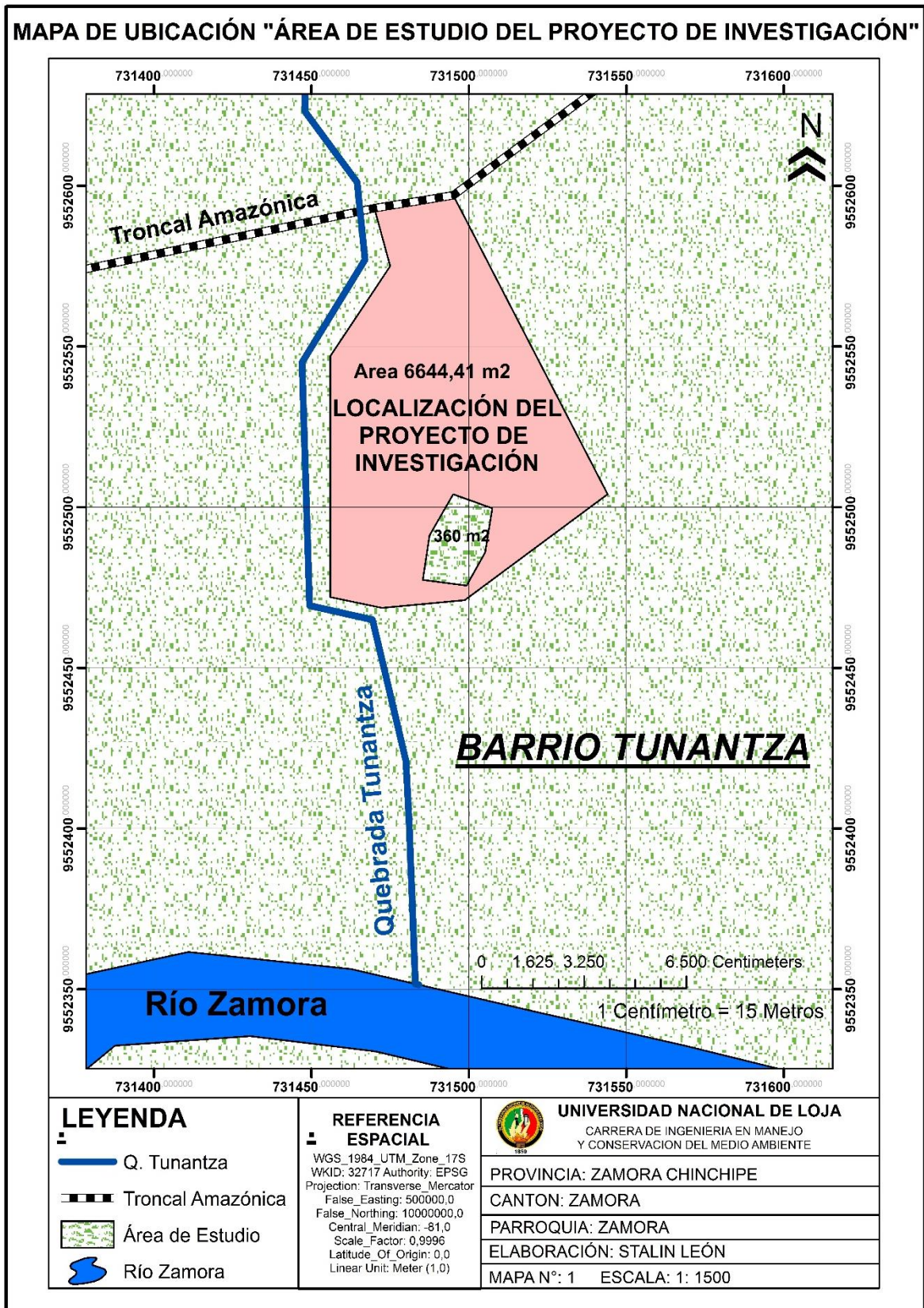
“El suelo ubicado cerca del área de estudio está cubierto por áreas destinadas a actividades agropecuarias, las mismas que poco a poco se están viendo afectadas debido al avance de la frontera agrícola y el crecimiento de la población” (GAD Provincial de Zamora Ch., 2015, p. 18).

5.2.2.6 Humedad relativa.

La humedad relativa media del aire en la ciudad de Zamora es de 92 %. Hay mayor humedad atmosférica en el mes de abril a julio y menor humedad relativa en noviembre, estos valores de humedad relativa moderada con poca oscilación

mensual, son propicios para el desarrollo de una gran diversidad biológica y muy aceptable para el confort de la vida humana. (GAD Provincial de Zamora Ch., 2015, p. 17).

5.2.3 Mapa de ubicación “Área de Estudio de Proyecto de Investigación.



Mapa1.- Mapa de ubicación “Área de estudio del proyecto de investigación”.

5.3 Tipo de investigación

La presente investigación tiene un enfoque experimental cuantitativo, en donde se manipulan dos variables de estudio.

5.4 Alcance del estudio

El alcance de éste estudio es correlacional.

5.5 Enfoque del estudio

El enfoque de este proyecto es cuantitativo porque se cuantifican relaciones entre variables.

5.6 Planteamiento de hipótesis

La descontaminación de suelos contaminados por hidrocarburos provenientes de la Lavadora y Lubricadoras Marifer ubicada en el barrio Tunantza, dependerá del potencial fitorremediador de las especies a comparar en el presente estudio.

5.7 Variables

5.7.1 Variable independiente.

Potencial fitorremediador de las especies utilizadas.

5.7.2 Variable dependiente.

Nivel de descontaminación de suelos contaminados por hidrocarburos.

5.8 Población y muestra

La población de la presente investigación es de 144 plantas de las cuales se muestreó el 30% que nos dio un valor de 43 plantas de la población total durante un lapso de 120 días, debido a que las plantas en este periodo de tiempo cumplieron con todas las condiciones para su correcto crecimiento y asimilación de los contaminantes de hidrocarburos.

5.9 Diseño estadístico

La presente investigación se la realizó a través de la implementación de un experimento en campo, en el estudio se utilizó la prueba Chi Cuadrado, ya que se establece el nombre de una prueba de hipótesis que determinó si dos variables están relacionadas o no, su modelo matemático es:

$$\chi_{calc}^2 = \sum \frac{(f_0 - f_e)^2}{f_e}$$

Simbología:

X²cal= Chi Cuadrado calculado.

f_o= Frecuencia del valor observado.

f_e= Frecuencia del valor esperado.

5.10 Metodología para evaluar el grado de contaminación que presenta el suelo por residuos de hidrocarburos provenientes de la lavadora y lubricadora MARIFER

5.10.1 Diagnóstico de campo y determinación de la actividad productiva de la lavadora y lubricadora Marifer.

Para realizar la caracterización del lugar de estudio, se aplicó una encuesta y una matriz (Ver anexo 1) al propietario de la lavadora y lubricadora, en donde se conoció el funcionamiento actual y los procesos (áreas) que se realizan dentro de la empresa, para lo cual se tomó en consideración los siguientes lineamientos:

- Áreas de procesos de la empresa.
- Lineamientos generales de la empresa.
 - ♦ Datos generales del propietario.
 - ♦ Horario de trabajo
 - ♦ Cantidad de aceite usado.
 - ♦ Cantidad de uso de agua m³
 - ♦ Cantidad de uso de detergente.
 - ♦ Cantidad de guaípe.
 - ♦ Cantidad de franela que se usa.
 - ♦ Número de trabajadores.
 - ♦ Número de vehículos que ingresan por día.
 - ♦ Porcentaje de desechos peligrosos y comunes.
 - ♦ Filtros de aceite y de combustible que se cambia diariamente a los vehículos.

5.10.2 Características del suelo.

Para la caracterización del suelo a muestrear se tomó como referencia los principios del libro VI anexo 2 de la norma de calidad ambiental del recurso suelo y criterios de remediación para suelos contaminados, en donde se obtuvo la siguiente información en el área a muestrear (ver anexo 3, 4, 5):

- Uso del suelo: Agrícola, residencial o comercial.
- Topografía.

- Vegetación presente.
- Textura.
- Permeabilidad del suelo



Fotografía 3.- Topografía del terreno. Fotografía 4.- uso del suelo agrícola.

5.10.3 Protocolo de muestreo.

Para la toma de muestras de suelo, de la lavadora y lubricadora “Marifer”, se consideró el siguiente protocolo:

5.10.3.1 Delimitación de la zona a muestrear.

La zona a muestrear fue aquella que presentó contaminación a simple vista, se tomaron coordenadas UTM a través de un GPS, mismas coordenadas que se utilizaron para la elaboración del mapa de muestreo en el lugar de estudio, (ver anexo 2).



Fotografía 5.- Suelo contaminado. Fotografía 6.- Toma de coordenadas UTM.

5.10.3.2 Tipo de muestreo.

En el presente proyecto de investigación, se aplicó el muestreo estratificado aleatorio simple, ya que la topografía del terreno de estudio fue regular y la distribución del contaminante no fue homogénea.

Utilizando la herramienta ArcGis se dividió el área (estratos contaminados por residuos de hidrocarburos) objeto de estudio en diferentes sub grupos o estratos, para identificar que un individuo solo puede pertenecer a un estrato, (ver anexo 2).

En cada estrato contaminado se graficó una rejilla regular la cual nos permitió dividir el terreno en celdas del mismo tamaño a una distancia determinada por el investigador (1m x 1m) en donde se estableció dentro de ella los respectivos puntos a muestrear, (ver anexo 2).

A todos los estratos delimitados se les aplicó un muestreo aleatorio simple en donde cada punto de la población tuvo la misma probabilidad de ser seleccionado.

5.10.3.3 Tipo de muestra.

Los tipos de muestra a recolectar fueron, muestras simples y muestras compuestas, de cada estrato delimitado se obtuvo una muestra simple o individual con una sola extracción de suelo de un peso de 1Kg, una vez obtenidas las muestras simples de cada estrato se procedió a mezclarlas y homogenizarlas para obtener una muestra compuesta utilizando el método del cuarteo.

Para realizar el método de cuarteo se implementaron los siguientes pasos:

- 1 Se colocó en el piso una lona impermeable de 1m x 1,5m para evitar que la muestra entre en contacto con una superficie que pueda contaminar la misma.
- 2 Se vació la muestra de suelo homogenizada en la parte central de la lona, formando un cono.
- 3 Se procedió a aplanar el cono lo más homogéneo posible.
- 4 Se dividió con la espátula, a la muestra en cuatro cuadrantes iguales.
- 5 Se escogió al azar un solo cuadrante, misma muestra que se identificó para ser llevada al laboratorio.



Fotografía 7.- Collage, Método de cuarteo.

5.10.3.4 Estimación del número de muestras.

Para estimar el número total de muestras para cada estrato definido en el área de estudio, se tomó como referencia la información del Acuerdo Ministerial N° 097A que menciona:

Proyectos con superficies menores a 0.1 ha y mayores a 30 ha se aplicará la fórmula siguiente:

$$Y = X0.3* 11.71$$

Y = Número mínimo de puntos de muestreo.

X = Superficie del suelo, zona de estudio expresada en hectáreas.

5.10.3.5 Profundidad de muestreo.

Se tomó como referencia información del Acuerdo Ministerial N° 097A, sobre los criterios para la toma de muestras en suelos agrícolas y áreas homogéneas, basándose en esta información la muestra se la obtuvo a una profundidad de 0 a 30 cm y una cantidad de 1 Kg.

5.10.3.6 Toma de muestra.

Para la recolección de la muestra se utilizó guantes quirúrgicos con la finalidad de no contaminar el suelo, posteriormente se colocó en frascos de vidrio color ámbar boca ancha con tapa y sello de teflón, con una capacidad de 1 kg en donde se realizó su respectivo peso para el transporte al laboratorio.

5.10.3.7 Etiquetado de la muestra.

Luego de recolectar la muestra se colocó al frasco de vidrio un etiquetado que permitió su identificación, la etiqueta contó con la siguiente información (Ver anexo 7).

- Código
- Nombre del colector
- Número de muestra
- Coordenadas UTM
- Fecha
- Hora
- Cantidad

Al mismo tiempo en la hoja de custodia (ver anexo 8) se fue registrando los parámetros a analizar en el laboratorio.

5.10.3.8 *Parámetros a analizar.*

Los parámetros que se analizaron en el presente proyecto fueron:

- Materia Orgánica.
- Conductividad eléctrica.
- Plomo.
- PH.
- Hidrocarburos totales de petróleo (TPH).
- Grasas y aceites.



Fotografía 8.- Collage, toma de muestras.

5.10.3.9 *Conservación para el transporte de muestras hacia el laboratorio*

En la siguiente tabla se presentan los criterios que se tomaron en cuenta para transportar las muestras hacia el laboratorio.

Tabla 2.- Recipientes, temperatura de preservación y tiempo de conservación de muestras

PARÁMETRO	TIPO DE RECIPIENTE	TEMPERATURA DE PRESERVACIÓN	TIEMPO MÁXIMO DE CONSERVACIÓN
Hidrocarburos ligeros y metales.	frasco de vidrio boca ancha, con tapa y cello de teflón	4°C	14 Días

Fuente. – (Guía para muestreo de suelos en el marco del decreto n° 002-2013-MINAM)

5.10.3.10 Almacenamiento y transporte de la muestra al laboratorio.

Para el almacenamiento y transporte de las muestras seleccionadas se colocaron en un cooler herméticamente cerrado en una posición vertical y sobre sus bases a una temperatura promedio de 4°C.

Posteriormente se transportó la muestra en un lapso de 24 horas al laboratorio de suelos Analítica Avanzada – Asesoría y laboratorios ANABANLAB CIA LTDA.

5.10.3.11 Interpretación de resultados.

Los resultados del análisis de suelos se compararon e interpretaron con la tabla 2 de criterios de calidad del suelo (Valores máximos permisibles), establecido en el Acuerdo Ministerial N° 097A perteneciente al Anexo del libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria.

5.11 Metodología para evaluar el potencial fitorremediador de las especies vegetales *Paspalum millegrana* L. y *Bidens pilosa* L. en el tratamiento de suelos contaminados por residuos de hidrocarburos provenientes de la lavadora y lubricadora Marifer

5.11.1 Delimitación del área de estudio.

Dentro del predio en donde se ubica la Lavadora y Lubricadora Marifer, se delimitó una área representativa de 360m² (ver anexo 2), misma área que presentó las condiciones favorables para el desarrollo de las actividades y la implementación de la técnica de fitorremediación.



Fotografía 9.- Delimitación del área de estudio.

La técnica de Fitorremediación que se implementó para el presente proyecto fue in situ.

5.11.2 Desbroce de cobertura vegetal.

Una vez que se delimitó el área de estudio se procedió al desbroce de la cobertura vegetal, para realizar esta actividad se utilizó una moto guadaña y un

machete, herramientas indispensables que permitieron realizar la remoción de la maleza a ras de piso.

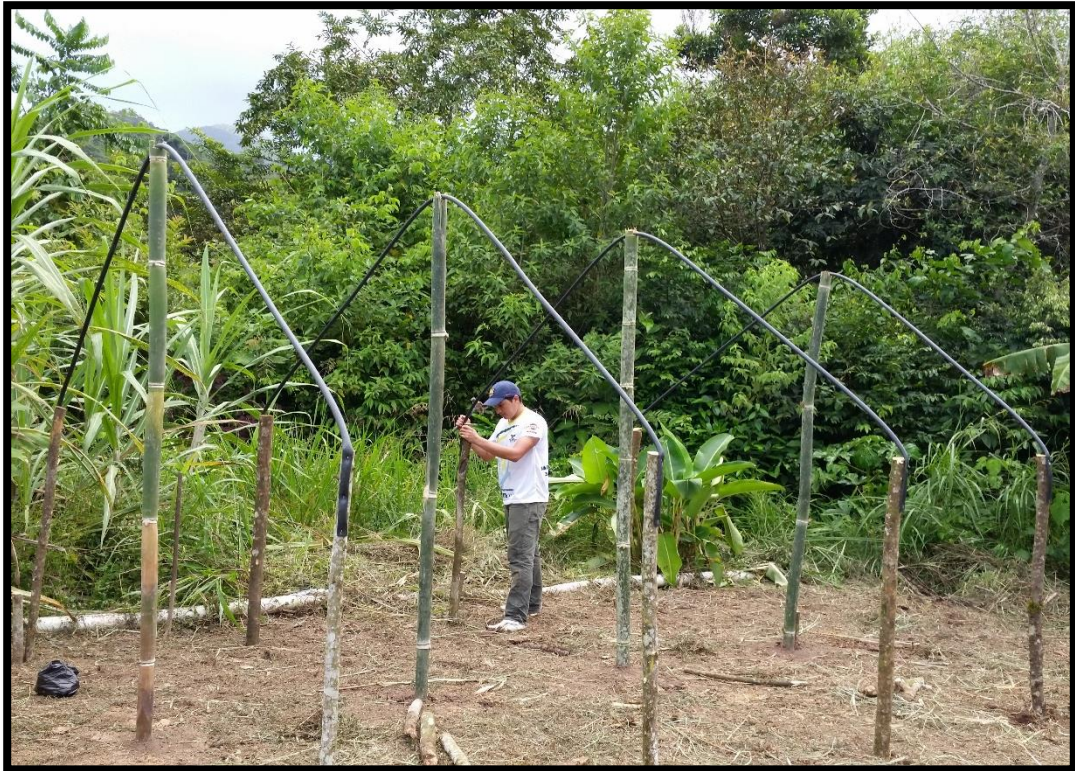


Fotografía 10.- Desbroce de cobertura vegetal.

5.11.3 Construcción de la infraestructura.

La infraestructura fue de contexto mixto, abarcó un área de 12 m² (4 m de largo y 3 m de ancho), para la construcción de la infraestructura se plantó en el suelo 8 listones de madera de 1.70 m de altura a una profundidad de 0.4 m, la distribución fue de 4 listones por lado a una distancia entre ellos de 1.33 m y 3 m de ancho, en la mitad de la infraestructura se plantaron 4 guaduas de 3 m de altura a una distancia de 1.33 m y una profundidad de 0.4 m, las guaduas sirvieron como soporte para evitar que los arcos se doblen con el peso del techo.

Del suelo sobresalen 1.30 m de madera de cada listón mismas que sirvieron como postes para sujetar los arcos que fueron de tubo negro de plástico de una pulgada, los arcos se ubicaron a 1.33 m de distancia cada uno por lo que se necesitó 4, para sujetar los arcos a la madera se agujereó la base y se incrusto tornillos con tuercas un par por listón



Fotografía 11.- Construcción de la infraestructura.

El techo se lo cubrió con 10 m de plástico PQA color blanco N° 8, éste plástico permitió el paso de la luz solar e impidió el paso del agua para mantener una temperatura ambiente en el interior de la infraestructura, las paredes se las cubrió con malla pajarera de 1 cm x 1 cm para impedir el ingreso de insectos, aves de corral y animales que puedan interferir en el desarrollo y crecimiento de las especies vegetales.

En el interior de la infraestructura se implementaron 6 platabandas de madera de 40 cm de ancho, 60 cm de largo y 15 cm de altura desde la base hacia la superficie, se identificaron cada una para la siembra, el control de las dos especies, sus respectivos tratamientos y repeticiones y una caja para el testigo de 30cm x 60 cm x 15cm de alto (Ver gráfica 1).



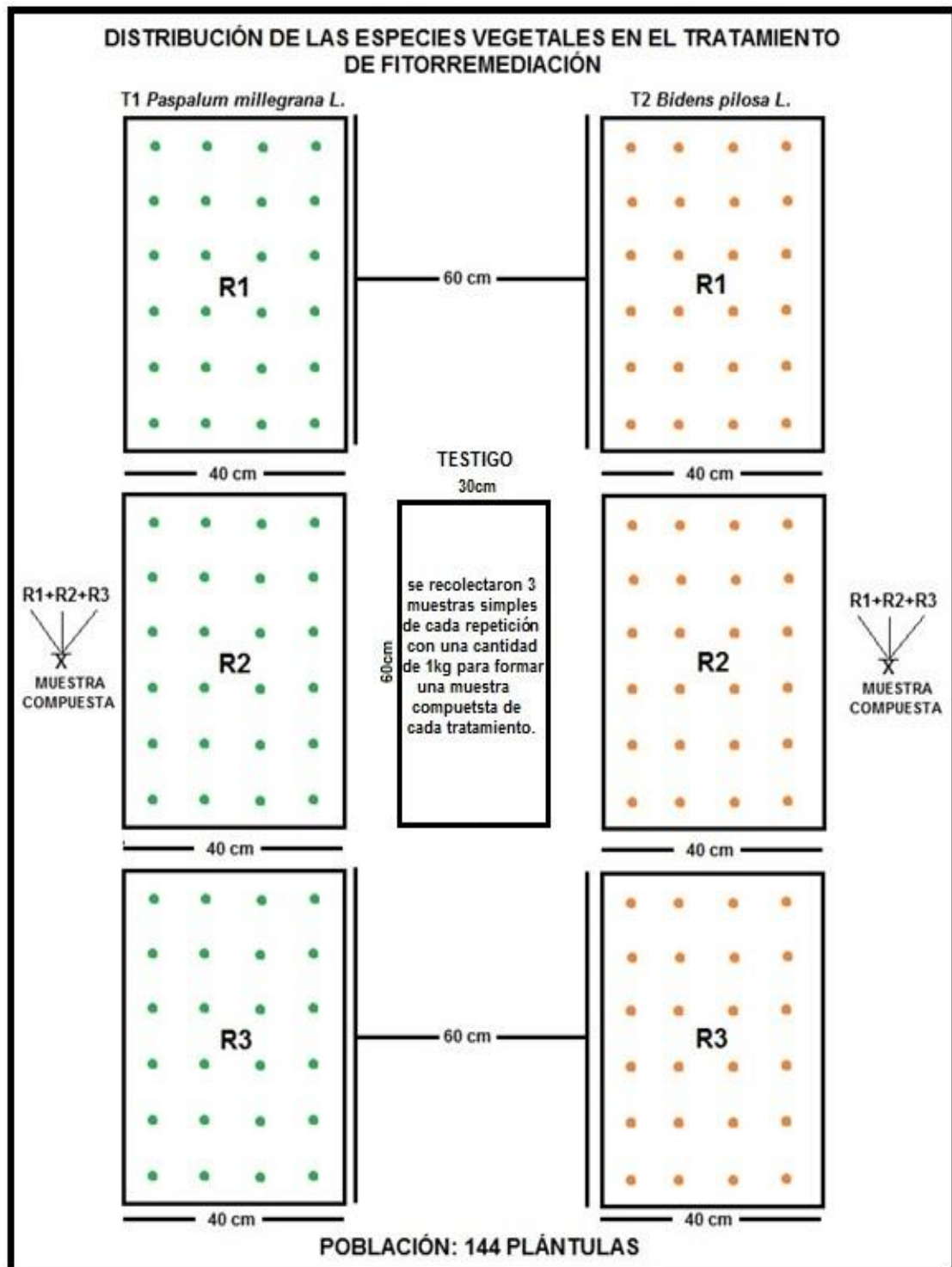
Fotografía 12.- Infraestructura del ensayo.

5.11.4 Implementaciones tratamiento.

Se implementó ensayos experimentales in situ con dos especies vegetales, *Paspalum millegrana* L. (hierba cortadera), y *Bidens pilosa* L. (wichingue), en la implementación se realizó dos tratamientos cada uno con tres repeticiones y su respectivo testigo.

5.11.5 Diseño experimental.

En la presente grafica se muestra el diseño experimental que se implementó a las dos especies vegetales, para determinar su eficacia y potencial fitorremediador.



Grafica 1.- Ensayo experimental de las especies vegetales.

5.11.6 Obtención del suelo.

La recolección del suelo para la implementación del presente ensayo se lo obtuvo de las zonas en donde se realizó el muestreo de suelos, mismos que presentaron contaminación por desechos de hidrocarburos a una profundidad de 0 a 30 cm, la cantidad de suelo recolectado para cada platabanda fue de 0,048 m³, luego del análisis de laboratorio que confirmó la contaminación.



Fotografía 13.- Obtención del suelo.

5.11.7 Preparación del suelo.

En la preparación del suelo se procedió a eliminar las piedras y basura del suelo contaminado, a través de un tamiz de 1 cm x 1 cm ya que estos escombros podrían perjudicar el crecimiento de las especies vegetales, la tierra se la removió con un rastrillo de jardinería para que esté suelta y mullida, con esta actividad se obtuvo

un suelo homogéneo y brindó las mejores características de requerimientos para la siembra de las plántulas.



Fotografía 14.- Tamizado del suelo. Fotografía 15.- Mullido del suelo.

El suelo contaminado proveniente de la lavadora y lubricadora Marifer, se ubicó en seis platabandas de madera de 40 cm x 60 cm y una caja para el testigo de 30cm x 60 cm a una profundidad de 15 cm con perforaciones en la parte inferior, así se facilitó el drenaje del agua y evitó alteraciones en el crecimiento de las plantas.



Fotografía 16.- Preparación de las platabandas.

5.11.8 Obtención de las especies vegetales.

En esta actividad se realizó la obtención de dos especies vegetales a ser utilizadas durante el proceso de investigación, "*Paspalum millegrana* L. (hierba cortadera), y *Bidens Pilosa* L. (wichingue)". Estas especies vegetales habitan en el lugar de estudio, son tolerantes y ejercen su ciclo de vida en suelos contaminados por desechos de hidrocarburos, las plantas se las recolectaron de la regeneración natural del área en estudio.

Las especies recolectadas se ubicaron en un recipiente de plástico grande (Tina), para su respectivo traslado al área en donde se realizó el tratamiento de fitorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos.



Fotografía 17.- *Paspalum millegrana* L. Fotografía 18.- *Bidens pilosa* L.

5.11.9 Siembra de las especies vegetales.

Una vez que se adecuó las cajas de experimentación de 40 cm de largo por 60 cm de ancho cada una con su respectivo sustrato, se procedió a la siembra de las especies vegetales en donde se seleccionó los mejores ejemplares, para la selección de las especies se tomó en cuenta las siguientes condiciones:

- Que las especies tengan una buena pigmentación.
- Que las especies no presenten ninguna anomalía en cualquiera de sus partes.
- Que sean plantas jóvenes.
- Que las especies seleccionadas posean un buen espesor radicular.
- Que las especies vegetales tengan la misma edad.

Las especies vegetales se sembraron a una distancia entre plantas de 10 cm y una distancia entre surcos de 10 cm dándonos una población por platabanda de 24 plántulas.



Fotografía 19.- Densidad de siembra. Fotografía 20.- Siembra de las plantas.

5.11.10 Adaptación de las especies vegetales.

Los primeros días de siembra de las especies vegetales fueron los más críticos para su sobrevivencia, las plantas cumplieron una fase de adaptación de 8 días en donde se les aplico dos tipos de fertilizantes foliares, **Sol-U-Gro 12-48-8** que es un fertilizante soluble concentrado para aspersion al follaje y solución para el trasplante ayudando a fortalecer la raíz en su ciclo de crecimiento y **Cytokin** que es un regulador de crecimiento que contiene una hormona vegetal natural (citoquinina), especialmente formulada, que mejora la utilización de los nutrientes,

promueve la iniciación y el desarrollo de las yemas, el establecimiento y retención de las flores



Fotografía 21.- Fertilizantes foliares.

En esta fase se mezcló en 20 litros de agua 50 gr de Sol-U-Gro y 50 ml de Cytokin, después de esta actividad se procedió a regar las dos especies vegetales con este caldo cada 2 días para que las plantas continúen su desarrollo y adquieran la fortaleza necesaria para el crecimiento después del trasplante.

5.11.11 Monitoreo de las especies vegetales.

Se monitoreó al 30 % de la población de especies vegetales, 7 plántulas por cada platabanda. El monitoreo de las especies vegetales se lo realizó cada ocho días, utilizando una ficha de registro (ver anexo 6) en donde se identificó los siguientes parámetros:

- **Altura de la planta.-** Para realizar la medición de las plantas se utilizó un flexómetro, se midió desde la base del tallo hasta la punta de la planta, las medidas obtenidas fueron registradas en una ficha de campo (ver anexo 6).
- **Clorosis en las hojas de la planta.-** Se observó el color de hojas de cada una de las plantas para determinar si existe la presencia de clorosis que son los cambios de color verde a amarillo que sufren los tejidos vegetales, este control de la coloración de las plantas empleadas en los tratamientos fue de manera visual cada 15 días y sus observaciones fueron registradas en una ficha de campo (Ver anexo 6).
- **Número de hojas de la planta.-** en este proceso se procedió a contabilizar el número de hojas desde su siembra hasta la culminación del ensayo, este monitoreo se lo realizó cada 15 días y las observaciones fueron registradas en una ficha de campo (Ver anexo 6).
- **Mortalidad %.-** En este parámetro se evaluó cuantas plantas del total que se trasplantaron han muerto ya sea por no tener la capacidad de absorber y transportar nutrientes, o por el contacto con el contaminante, esta observación se la realizó cada 15 días y se llevó un registro de esta actividad en una hoja de campo (Ver anexo 6).

5.11.12 Riego de las especies vegetales.

Las plántulas fueron regadas manualmente pasando 2 días, de tal manera que la humedad en el suelo fue óptima para el normal desarrollo y crecimiento de las dos especies en las diferentes etapas de crecimiento.



Fotografía 22.- Riego de las especies vegetales.

5.11.13 Protocolo de muestreo de suelos de los dos tratamientos.

El protocolo de muestreo fue el mismo que se aplicó en el objetivo número uno a excepción de los siguientes parámetros:

5.11.13.1 Recolección de muestras.

Una vez que se evaluó las especies vegetales con potencial fitorremediador empleadas en el tratamiento de fitorremediación, se procedió a recolectar una muestra compuesta de suelo de 0,5 kg de cada tratamiento, para su almacenamiento se utilizó recipientes de vidrio color ámbar con tapa de teflón, estos recipientes fueron etiquetados de la siguiente manera:

- Código de la muestra.
- Número de tratamiento.

- Fecha y hora.

5.11.13.2 Interpretación de resultados.

Los resultados del análisis de suelos fueron comparados e interpretados según la tabla 2 de Criterios de Calidad del suelo (Valores máximos permisibles), establecidos en el Acuerdo Ministerial número 097A perteneciente al Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria.

Se procedió a comparar los tratamientos para conocer cuál de las dos especies tiene mayor incidencia en la Fitorremediación, respecto a los resultados de los análisis de la línea base.

6 RESULTADOS

6.1 Resultados del primer objetivo específico

Evaluar el grado de contaminación que presenta el suelo por residuos de hidrocarburos provenientes de las actividades que se realizan en la Lavadora y Lubricadora Marifer.

6.1.1 Actividad productiva de la lavadora y lubricadora Marifer. (ver anexo1)

Cuadro 1.- Datos generales de la actividad productiva de la empresa.

Nombre de la empresa.	Lavadora y Lubricadora Marifer.
Nombre del propietario.	Enma Piedad Chamba
Ruc.	1900311646001
Dirección.	Cantón Zamora, Barrio Tunantza, vía Troncal Amazónica.
Actividad Productiva de la Lavadora y Lubricadora Marifer.	<ul style="list-style-type: none"> • Área administrativa. • Sala de espera para recepción de clientes. • Área de lavado y pulverizado del vehículo. • Inspección del vehículo. • Servicio, cambio de aceite del vehículo. • Servicio, engrasado del vehículo. • Servicio, lavado y pulverizado del vehículo. • Área de limpieza interna del vehículo. • Servicio, aspirado y secado del vehículo. • Área de vulcanizado de neumáticos. • Servicio, vulcanizado de neumáticos de vehículos.
Jornada Laboral	<ul style="list-style-type: none"> • Oficina: de lunes a viernes de 8:00 a 12:00 y de 13:00 a 16:00 • Producción: lunes a viernes de 8:00 a 12:00 y de 13:00 a 16:00
Número de empleados	5 Empleados
Fecha de constitución	2011

La Lavadora y Lubricadora Marifer es una empresa que cuenta con 5 años de funcionamiento en la ciudad de Zamora, tiene un área total de 6644,41 m² de terreno, el número de trabajadores encargados en las labores de la Lavadora y lubricadora Marifer es de 5 trabajadores que se encargan de cumplir con todos los servicios al público, La vida útil de esta infraestructura esta prolongada para 30 años considerando su mantenimiento

En la actualidad la Lavadora y lubricadora Marifer cuenta con los permisos de funcionamiento como son las Patentes Ambientales y el permiso de funcionamiento que brinda el Cuerpo de Bomberos, así mismo ha obtenido la ficha ambiental y el Plan de Manejo Ambiental el cual no lo cumple a cabalidad exponiendo descuidos en todas sus áreas de producción de la empresa, provocando impactos ambientales significativos al ambiente como es la contaminación del suelo, agua y aire.

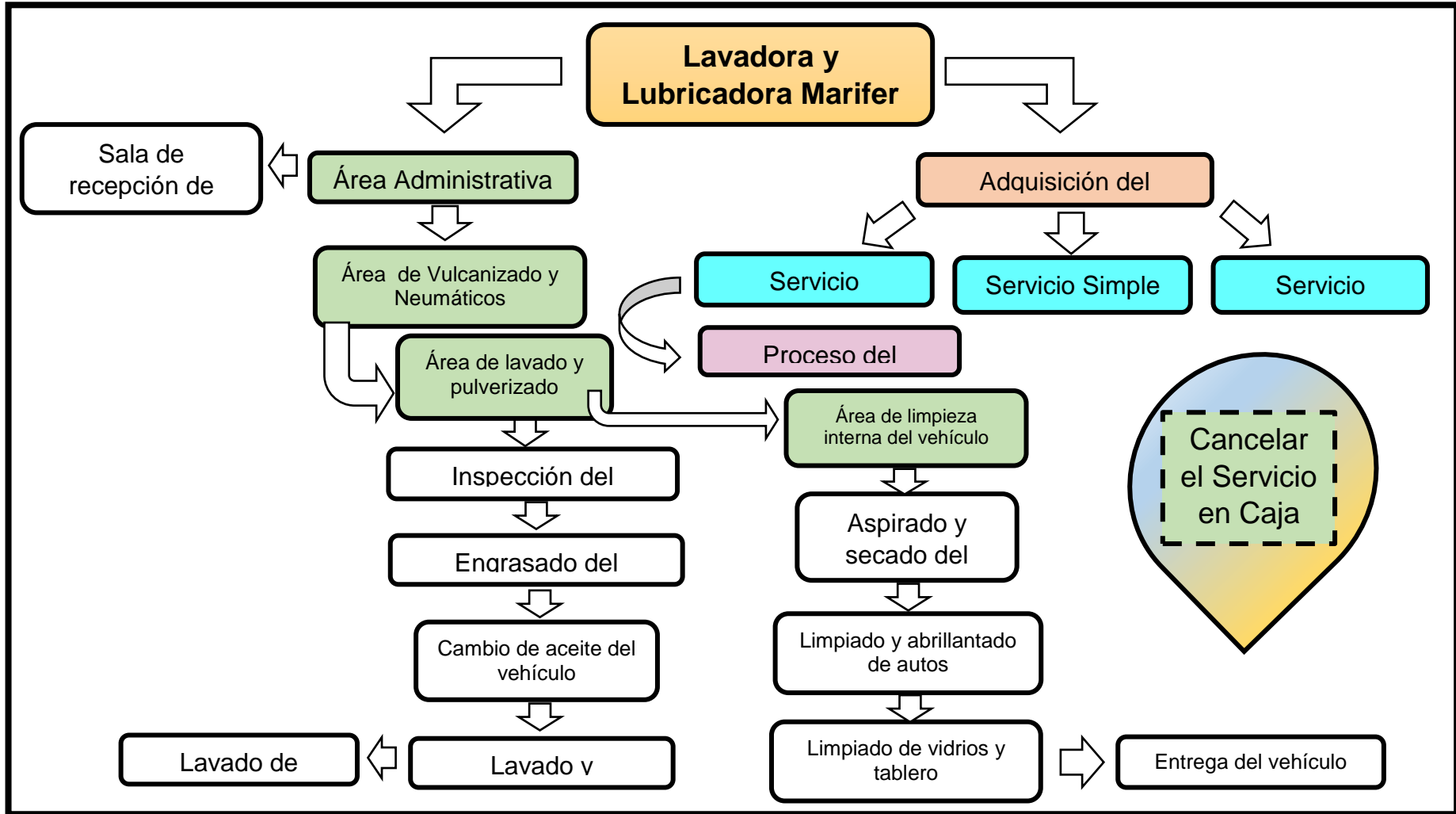


Fotografía 23.- Collage, aplicación de la encuesta.

A continuación se presenta en el siguiente diagrama de flujos toda la actividad productiva que se realiza dentro de la empresa Lavadora y lubricadora Marifer.

6.1.1.1 Diagrama del proceso de producción

Gráfica 2.- proceso de producción de la empresa.



6.1.2 Causas de la contaminación del terreno

6.1.2.1 Manejo de desechos.

En la lavadora y lubricadora Marifer se recolecta un promedio de 5 galones diarios de aceite quemado o usado para luego reciclarlo en tanques metálicos de 55 galones los mismos que son dispuestos en el área de almacenamiento para que el Gestor Ambiental autorizado por el MAE se encargue de su disposición final.

Los filtros sustituidos se los dispone en un recipiente de lata para que se escurra el aceite que lleva en su interior, después de este proceso son almacenados en cartones para proceder a disponerlos en el relleno sanitario de Zamora.



Fotografía 24.- Collage, almacenamiento de residuos.

Los residuos sólidos no peligrosos (latas, papel, plástico, franela, etc.) son almacenados en recipientes de lata color negro, cabe recalcar que estos residuos

son recogidos por el recolector de basura del GAD Municipal de Zamora para trasladarlos al relleno sanitario.

Cabe mencionar que la empresa Lavadora y Lubricadora Marifer que en su totalidad no realiza un manejo adecuado de los desechos sólidos y líquidos ya que una parte de estos son vertidos en una fosa ubicada en la parte trasera de la infraestructura exponiendo al ambiente todo tipo de contaminantes que alteran las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del suelo , de esta manera los propietarios de la empresa están incumpliendo con el Programa de Manejo de Desechos estipulado en el Plan de Manejo Ambiental sometiéndose a sanciones y multas por parte de la Autoridad Ambiental.

6.1.2.2 Agua utilizada en las diferentes actividades productivas de la empresa

En la Lavadora y lubricadora Marifer se utilizan 9m³ diarios de agua proveniente de la quebrada Tunantza para las diferentes actividades productivas de la empresa, la empresa cuenta con un tratamiento primario para el manejo de aguas residuales que consta de tres tanques (trampas de grasa) adecuados de piedra en el fondo, arena, carbón y grava para la depuración de estas aguas y finalmente ser regresadas al río Zamora, en la actualidad este tratamiento primario de aguas residuales se encuentra colapsado debido a que no se le da un mantenimiento adecuado, generándose acumulación de lodos que impide su óptimo funcionamiento, así mismo estos lodos residuales no reciben ningún tratamiento ya que son expuestos a un costado de las trampas de grasas causando graves impactos a los recursos naturales que se encuentran a su alrededor.



Fotografía 25.- Collage, tratamiento de aguas residuales.

La lavadora y lubricadora Marifer posee infraestructura impermeable en las zonas de lavado y almacenamiento de aceites para evitar la filtración a los niveles freáticos, el sistema de tubería de descarga de desechos se encuentra en mal estado, esto causa un problema significativo al ambiente ya que a través de fugas los desechos de hidrocarburos son dispersados en el suelo produciendo alteraciones a la flora, fauna y actividad microbiana que existe en este lugar.



Fotografía 26.- Collage, sistema de descarga de desechos de hidrocarburos.

6.1.3 Características del suelo.

Los suelos de la lavadora y lubricadora Marifer se encuentran a 920 msnm, presentan una topografía homogénea con vegetación principalmente de especies herbáceas, la textura de estos terrenos es franco con una permeabilidad media misma que permite que las raíces de las plantas penetren las capas del suelo y las aguas se infiltren hacia el nivel freático.

Los suelos ubicados dentro del predio de la empresa son utilizados para la agricultura de sustento y la siembra de pasto para el alimento del ganado vacuno, entre los principales cultivos se encuentra el plátano, maíz, yuca y caña, estos productos son comercializados en el mercado local y son de sustento para sus propietarios.



Fotografía 27.- Collage, producción agrícola.

En el presente cuadro se muestra los datos de productividad de los productos que se cultivan en el área de estudio:

Cuadro 2.- Datos generales de productividad de cultivos.

PRODUCTIVIDAD DE CULTIVOS				
PRODUCTO	AREA CULTIVADA	DENSIDAD DE SIEMBRA	PRODUCCIÓN	PRODUCTIVIDAD T/ha
Yuca	100 m ²	100	50 lbs.	2.27 T/Ha
Plátano	100 m ²	16	85 lbs.	3.86 T/Ha
Maíz	100 m ²	400	100 lbs.	4.54 T/Ha
Caña	100 m ²	154	770 lbs.	35 T/Ha
TOTAL	400 m²	670	0.46 T	45.67 T/Ha

Observando el cuadro N° 2 de producción de los cultivos yuca, plátano, maíz y caña se determina que la productividad total en el área de investigación alcanza **0.46 toneladas**; transformando a producción por hectárea de cada cultivo la productividad es de **45.67 toneladas** lo cual es considerada como baja si

comparamos con la tabla 2 (ver anexo 12) emitida por el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y pesca, que alcanzaría una productividad total de los cultivos antes mencionados de **77.47 toneladas**.

6.1.4 Determinación de los niveles de contaminación del suelo.

Los siguientes resultados son obtenidos luego del análisis de muestras en el laboratorio “Analítica Avanzada – Asesoría y laboratorios ANABANLAB CIA LTDA” cabe mencionar que dicho laboratorio se encuentra acreditado por el Servicio de Acreditación Ecuatoriana (SAE), este organismo es el ente encargado de regular los laboratorios para mayor confiabilidad de los resultados.

En el cuadro N° 3 se presenta la comparación de los resultados de laboratorio de cada uno de los parámetros con los límites permisibles que se encuentran en la tabla 2 de criterios de remediación del suelo, establecido en el Acuerdo Ministerial N° 097A perteneciente al libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria que emite la Autoridad Ambiental.

Cuadro 3.- Resultados de laboratorio.

RESULTADOS DE LABORATORIO					
Parámetro	Unidad	Muestra Testigo	Límite máximo permisible	Denominación	Fuente
Potencial de Hidrógeno	pH	6.5	6 a 8	Prácticamente neutro	MAE
Conductividad	Us/cm	112.9	200	Suelo no salino	MAE
Textura	Franco	20%(Arc), 50%(Arn), 80% (Lim)	Elevada productividad	MAGAP
Plomo (Pb)	mg/kg	< 20	60	Suelo no contaminado	MAE
Aceites y grasas	mg/kg	15318.2	<4000	Suelo contaminado	MAE
Hidrocarburos totales de petróleo	mg/kg	14921.7	150	Suelo contaminado	MAE
Materia orgánica	%	8.14	< 3 (B), 3 a 5 (M), > 5 (B)	Alto	MAGAP

Fuente: Laboratorio Analítica Avanzada, Asesoría y Laboratorios ANAVANLAB.

6.1.4.1 Parámetros generales

Mediante análisis de laboratorio se comprobó que el suelo presenta un **pH** de 6.5 se clasifica dentro del rango de suelo prácticamente neutro, la **conductividad eléctrica** en el área de investigación es de 112.9 uS/cm que se cataloga en el rango de suelo no salino, estos suelos presentan una **textura** franco con un porcentaje de 20% de arcilla, 50% de arena y 20% de limo, la **materia orgánica** se encuentra en un rango alto de productividad con un porcentaje de 8.14%

Estos resultados demuestran que los suelos existentes en el área de estudio presentan las condiciones favorables para realizar actividades agropecuarias en cuanto a fertilidad o uso del suelo.

6.1.4.2 Parámetros inorgánicos.

Dentro de los parámetros inorgánicos analizados se encuentra el **plomo (Pb)** con un promedio de 20 mg/kg presentes en el suelo con una denominación de suelo no contaminado por presencia de este metal.

6.1.4.3 Parámetros orgánicos.

De la misma manera los parámetros orgánicos analizados por el laboratorio se encuentran los **aceites y grasas** con un valor de 15318.2 mg/kg con una denominación de suelo contaminado, este valor se encuentra 4 veces por encima del valor de los límites máximos permisibles que presenta la Autoridad Ambiental, el parámetro **hidrocarburos totales de petróleo (TPH)** se ubica dentro de la clasificación de suelo contaminado con una concentración de 14921.7 mg/kg, este valor se encuentra 99 veces por encima del valor de los límites máximos permisibles que presenta la Autoridad Ambiental.

Este análisis sirvió para conocer los niveles de contaminación del suelo y sobre ellos realizar la investigación probando la especie *Paspalum millegrana L.* y *Bidens pilosa L.* y su potencial fitorremediador a los suelos contaminados por aceites y grasas e hidrocarburos totales de petróleo.

6.2 Resultados del segundo objetivo específico

Evaluar el potencial fitorremediador de las especies vegetales *Paspalum millegrana L.* y *Bidens pilosa L.* en el tratamiento de suelos contaminados por residuos de hidrocarburos provenientes de la Lavadoras y Lubricadora Marifer ubicada en el barrio Tunantza, cantón Zamora.

6.2.1 Seguimiento y monitoreo de las especies vegetales.

En los presentes cuadros y gráficos se detalla la información del seguimiento y monitoreo que se realizó a las dos especies vegetales *Paspalum millegrana L.* y *Bidens pilosa L.* en sus respectivos tratamientos y repeticiones, por el lapso de 120 días, en donde se evaluó los siguientes parámetros:

- Altura de la planta en cm.
- Número de hojas de la planta.
- Numero de hojas con clorosis.
- Mortalidad de la especie vegetal.

Cuadro 4.- Seguimiento y monitoreo de la especie *Paspalum millegrana* L. (Hierba Cortadera).

PARÁMETROS A MONITOREAR	ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO																			
	PRIMERA QUINCENA		SEGUNDA QUINCENA		TERCERA QUINCENA		CUARTA QUINCENA		QUINTA QUINCENA		SEXTA QUINCENA		SEPTIMA QUINCENA		OCTAVA QUINCENA																	
	Altura en cm.	N° de hojas	N° de hojas con clorosis	Mortalidad en %	Altura en cm.	Número de hojas	N° de hojas con clorosis	Mortalidad en %	Altura en cm.	Número de hojas	N° de hojas con clorosis	Mortalidad en %	Altura en cm.	N° de hojas	N° de hojas con clorosis	Mortalidad en %																
PROMEDIO	28.7	2	1	0	57.3	4	2	0	85.6	5	3	0	114	6	4	0	143	7	5	0	171	8	1	6	202	7	9	0	230	7	11	0
T1R3	29	2	1	0	58	4	2	0	86	5	3	0	114	6	4	0	143	7	5	0	171	9	1	6	200	8	9	0	237	8	11	0
T1R2	27	2	1	0	56	4	2	0	84	5	3	0	111	6	4	0	141	7	5	0	169	8	1	6	197	7	9	0	224	7	11	0
TIR1	30	2	0	0	58	4	1	0	87	5	2	0	116	6	4	0	145	6	5	0	174	8	1	6	208	7	9	0	230	7	11	0

El presente cuadro se lo resume en las siguientes figuras:

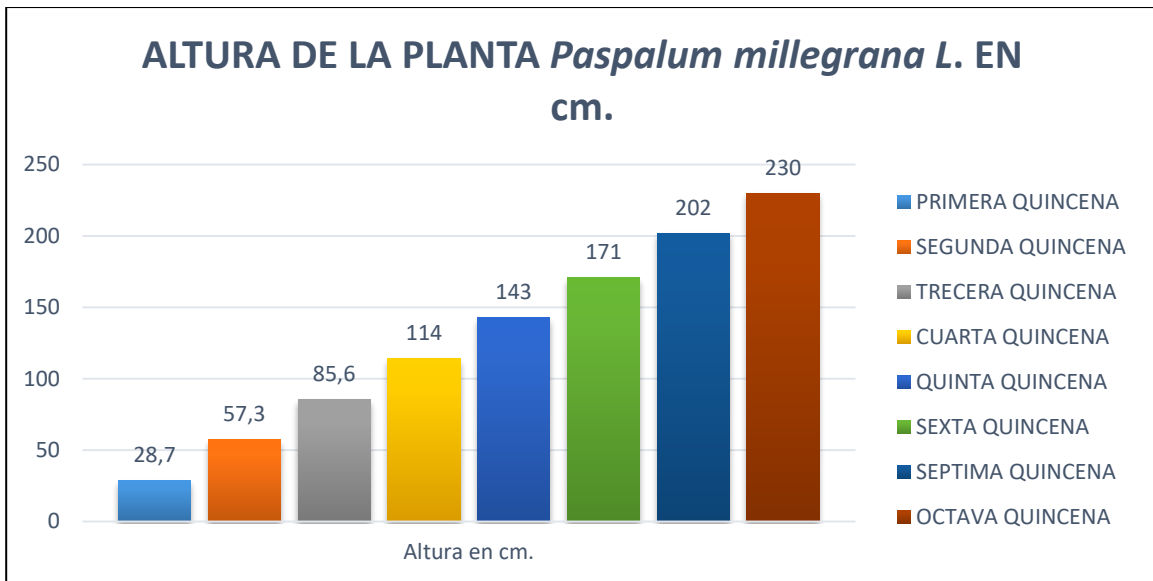


Figura 3.- Monitoreo de la altura de la especie *Paspalum millegrana* L.

En la figura se observa que la altura de la especie vegetal *Paspalum millegrana* L. en las 8 quincenas fue secuencial con un promedio de crecimiento de 29 cm cada quince días hasta llegar a una altura máxima de 2.3 m.

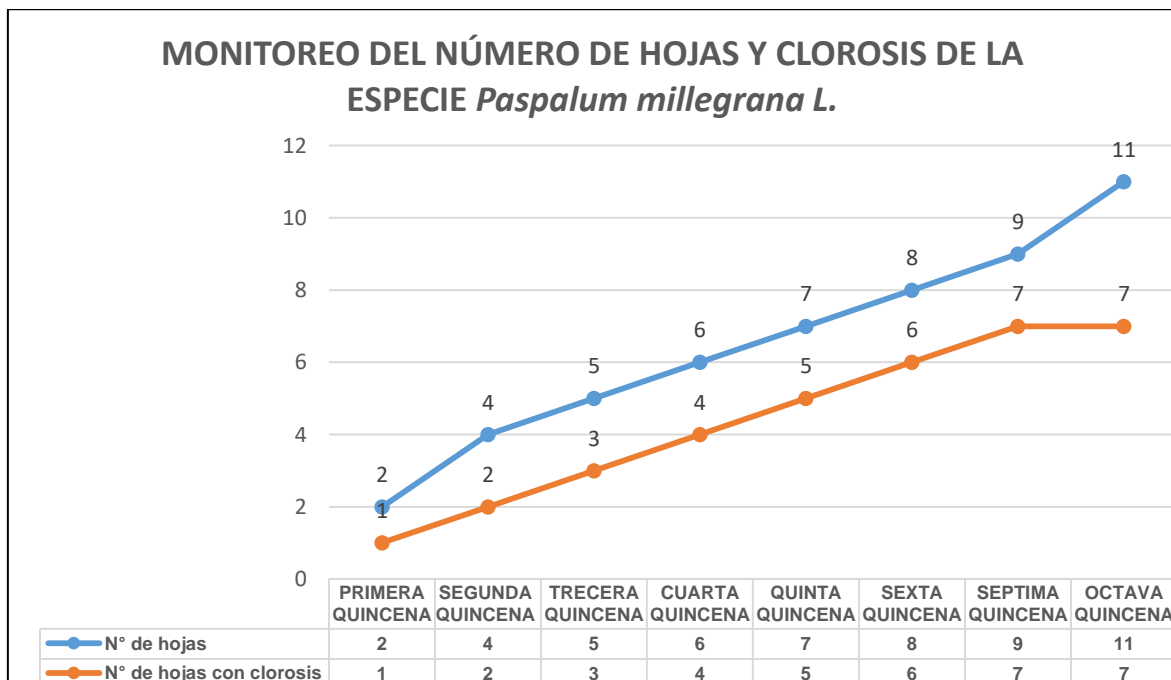


Figura 4.- Monitoreo del número de hojas y clorosis de la especie *Paspalum millegrana* L.

El incremento del número de hojas en las plántulas monitoreadas fue continuo desde la primera quincena hasta la octava quincena llegando a un total de 11 hojas en cada macolla. Desde la primera quincena hasta la séptima quincena se evidenció la presencia de clorosis en todas las hojas de cada planta monitoreada, mientras que en la octava quincena el promedio no aumentó. Para el efecto en las tres repeticiones las especies vegetales se adaptaron adecuadamente a las condiciones del suelo y del clima ya que el porcentaje de mortalidad que se registró se mantuvo en 0.

Cuadro 5.- Seguimiento y monitoreo de la especie *Bidens pilosa* L. (Wichingue).

PROMEDIO	T2R3	T2R2	T2R1	ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO																
				PRIMERA QUINCENA		SEGUNDA QUINCENA		TERCERA QUINCENA		CUARTA QUINCENA		QUINTA QUINCENA		SEXTA QUINCENA		SEPTIMA QUINCENA		OCTAVA QUINCENA														
				Altura en cm.	Nº de hojas	Nº de hojas con clorosis	Mortalidad en %	Altura en cm.	Número de hojas	Nº de hojas con clorosis	Mortalidad en %	Altura en cm.	Número de hojas	Nº de hojas con clorosis	Mortalidad en %	Altura en cm.	Número de hojas	Nº de hojas con clorosis	Mortalidad en %	Altura en cm.	Número de hojas	Nº de hojas con clorosis	Mortalidad en %									
40,6	40	41	41	55,3	69,3	80,7	91,7	101,3	113,6	124	72	36	0	55	69	80	93	102	115	125	56	28	0	55	69	80	93	102	115	125		
19	14	20	20	26	33	42	49	58	65	72	80	80	90	102	113	124	125	125	125	125	125	80	32	0	20	38	48	56	72	80	80	80
6	5,3	5,29	7,00	10	15	19	23	28	29	32	36	46	56	61	65	72	80	80	80	80	80	80	46	0	9	17	21	29	40	46	46	
0	0	0,00	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00	0,00	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

El presente cuadro se lo resume en la siguiente figura:

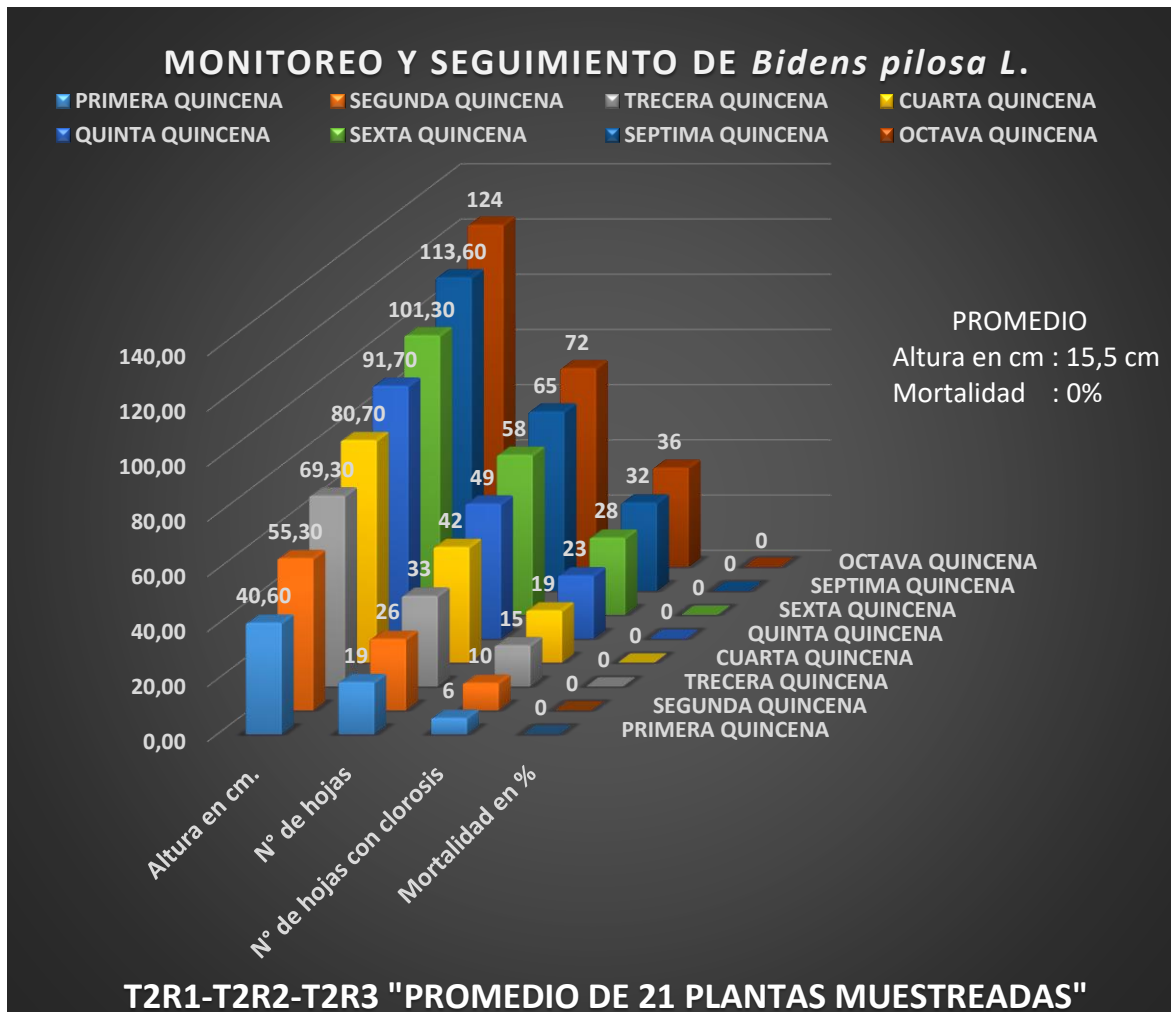


Figura 5.- Seguimiento y monitoreo de la especie *Bidens pilosa* L. (wichingue).

En la figura se observa que la altura de la especie vegetal *Bidens pilosa* L. en las 8 quincenas fue constante con un promedio de crecimiento de 15,5 cm cada quince días hasta llegar a una altura máxima de 1,24 m, el incremento del número de hojas en las plántulas monitoreadas fue continuo desde la primera quincena con un promedio de 19 hojas hasta la octava quincena llegando a un promedio total de 72 hojas por cada especie vegetal; en las mismas circunstancias la presencia de clorosis se evidenció en todo el proceso de monitoreo de las plantas, empezando con un promedio de 6 hojas hasta llegar a un promedio total de 36 hojas por cada especie vegetal; del mismo modo que el monitoreo anterior con la especie *Paspalum millegrana* L. la especie *Bidens pilosa* L. en las tres repeticiones se

adaptaron adecuadamente a las condiciones del suelo y del clima ya que el porcentaje de mortalidad que se registró se mantuvo en 0.

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

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

Cuadro 6.- Resultados de laboratorio al finalizar el ensayo.

RESULTADOS DE LABORATORIO AL FINALIZAR EL ENSAYO					
Parámetro	Unidad	Muestra Testigo	Tratamiento 1 <i>Paspalum Millegrana L.</i>	Tratamiento 2 <i>Bidens Pilosa L.</i>	Límite máximo permisible
Potencial de Hidrógeno	pH	6.5	6.5	6.6	6 a 8
Conductividad	Us/cm	112.9	43.5	65.5	200
Textura	Franco	Franco	Franco	20%(Arc), 50%(Arn), 80% (Lim)
Plomo (Pb)	mg/kg	< 20	< 20	< 20	60
Aceites y grasas	mg/kg	15318.2	11035.7	11439.6	<4000
Hidrocarburos totales de petróleo	mg/kg	14921.7	8997.6	9361.3	150
Materia orgánica	%	8.14	7.41	7.77	< 3 (B), 3 a 5 (M), > 5 (A)

Fuente.- Analítica Avanzada – Asesoría y laboratorios ANAVANLAB Cía. Ltda.

El presente cuadro se lo describe en las siguientes gráficas.

6.2.2.1 Parámetros generales.

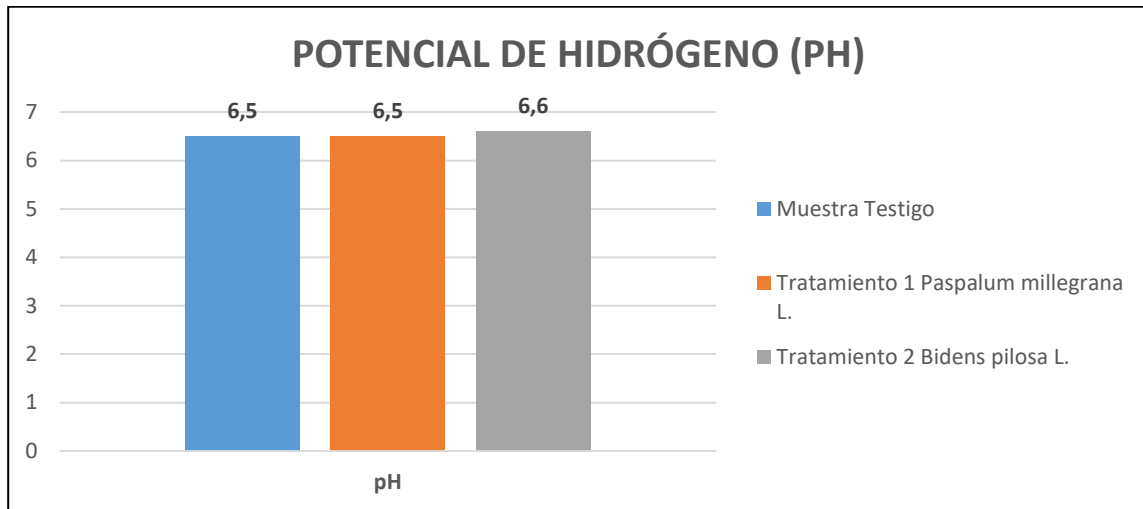


Figura 6.- Comparación del Potencial de Hidrógeno con la línea base (Testigo).

Mediante análisis de laboratorio realizado se comprobó que el suelo de los Tratamientos 1 y 2 no han sufrido alteraciones significativas en cuanto al **Potencial de Hidrogeno** con una cantidad de 6.5 para el primer Tratamiento y 6.6 para el segundo Tratamiento en comparación con los resultados de la línea base que es de 6.5, estos datos determina que el suelo se clasifica dentro de los rango de suelo con un pH neutro.

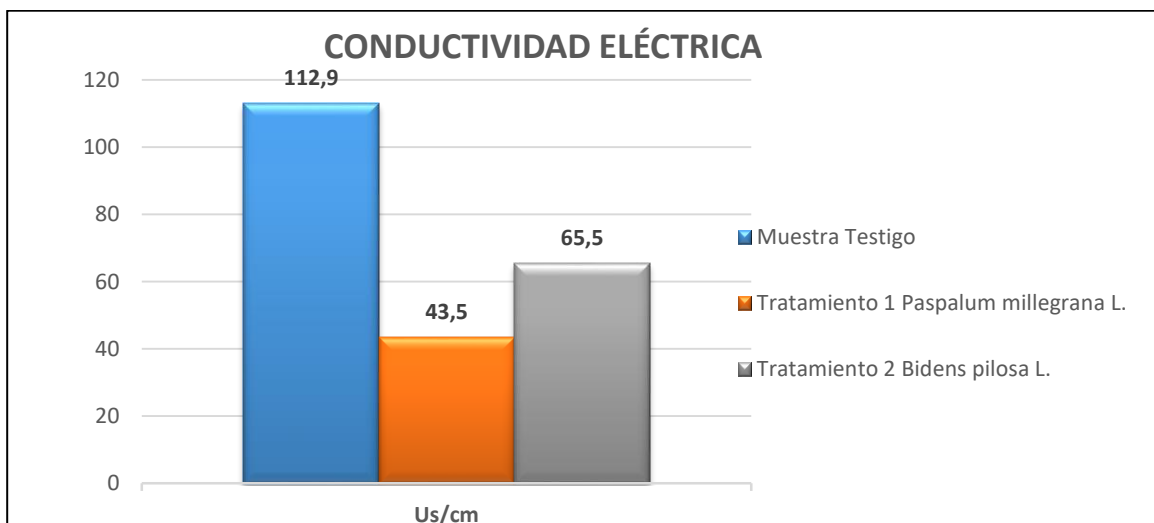


Figura 7.- Comparación de la Conductividad Eléctrica con la línea base (Testigo).

La **Conductividad Eléctrica** también disminuyó en el Tratamiento 1 con un valor de 43.5 Us/cm y Tratamiento 2 con un valor de 65.5 Us/cm en relación con la línea base que registró un valor de 112.9 Us/cm, estos suelos se catalogan dentro del rango de suelo no salino.

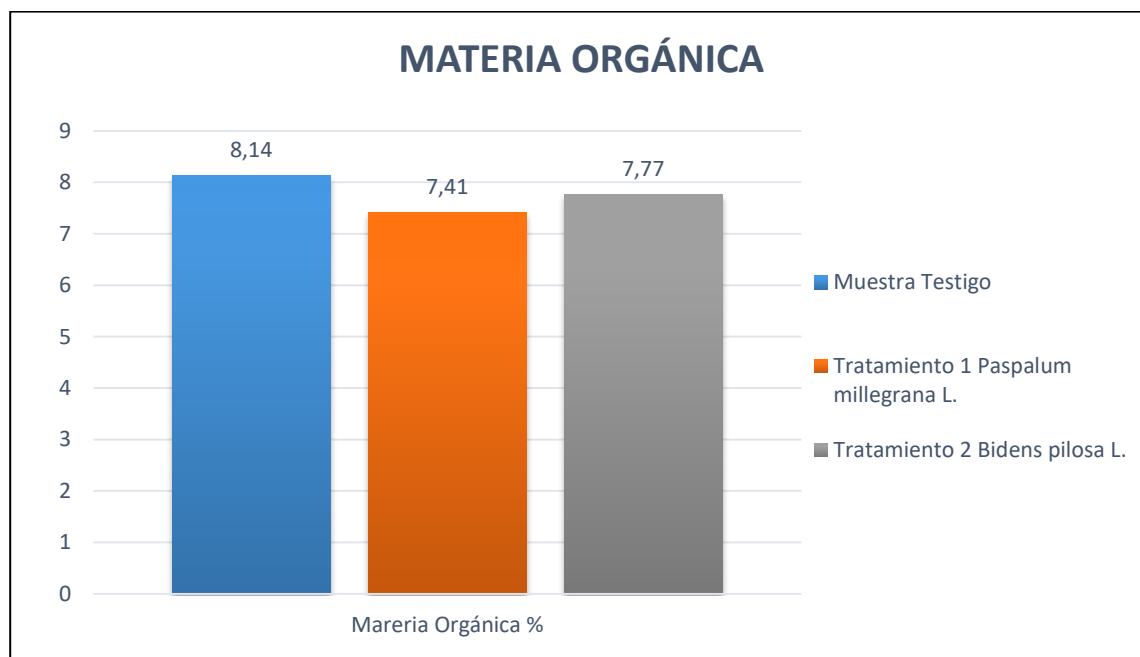


Figura 8.- Comparación de la Materia Orgánica con la línea base.

La Materia Orgánica al final del ensayo ha disminuido su porcentaje en el tratamiento 1 con un valor de 7.41 % de igual manera en el Tratamiento 2 con un valor de 7.77 % en relación con los datos de la línea base que son de 8.14 %, estos datos representan un alto rango de productividad en el suelo, la **Textura** del suelo no ha variado en el Tratamiento 1 y 2 manteniendo un porcentaje de 20% de arcilla, 50% de arcilla y 20% de limo denominándose suelo Franco.

6.2.2.2 Parámetros inorgánicos.

Dentro de los parámetros inorgánicos analizados se encuentra el **Plomo** con un promedio de < 20 mg/kg presentes en el suelo del Tratamiento 1 y 2 con una

denominación de suelo no contaminado por presencia de este metal según la Norma Ambiental vigente.

6.2.2.3 *Parámetros orgánicos.*

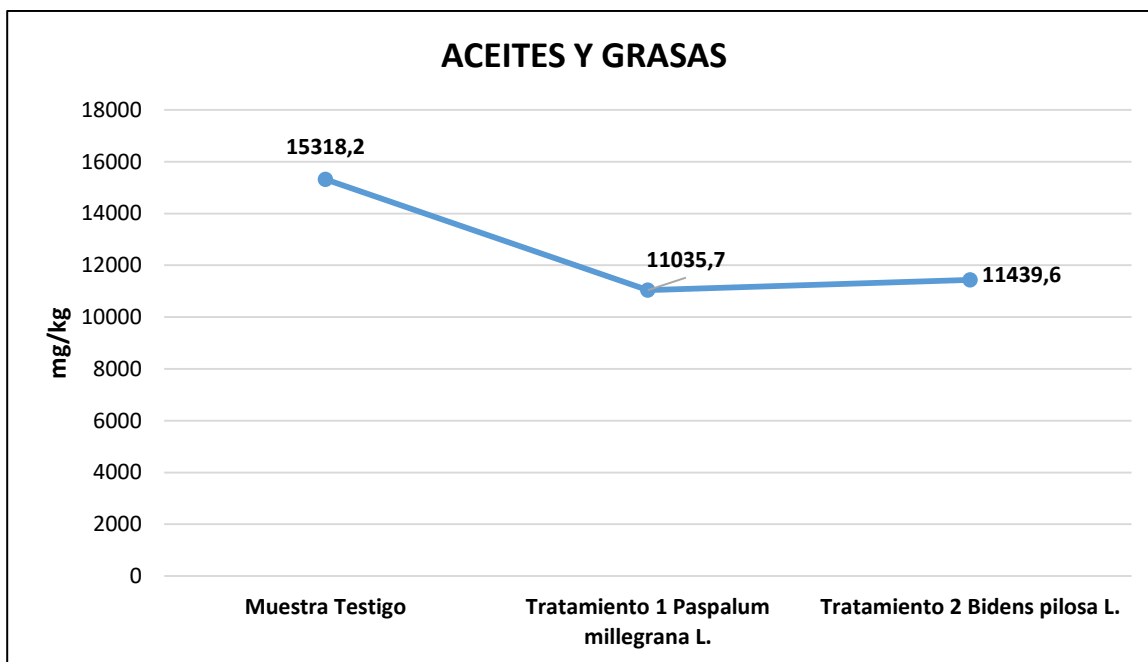


Figura 9.- Comparación de Aceites y Grasa con la línea base (Testigo).

En la gráfica se observa un alto nivel de descontaminación del suelo por parte de las 2 especies vegetales objeto de estudio en relación a los valores obtenidos en la muestra testigo que son de 15318.2 mg/kg de aceites y grasas presentes en el suelo, en el Tratamiento 1 se registra un valor de 11035,7 mg/kg que representa una reducción del 28% de contaminación existente en el suelo; de igual manera en el Tratamiento 2 registra un valor 11439,6 mg/kg que representa una reducción del 25.32% de contaminación existente en el suelo.

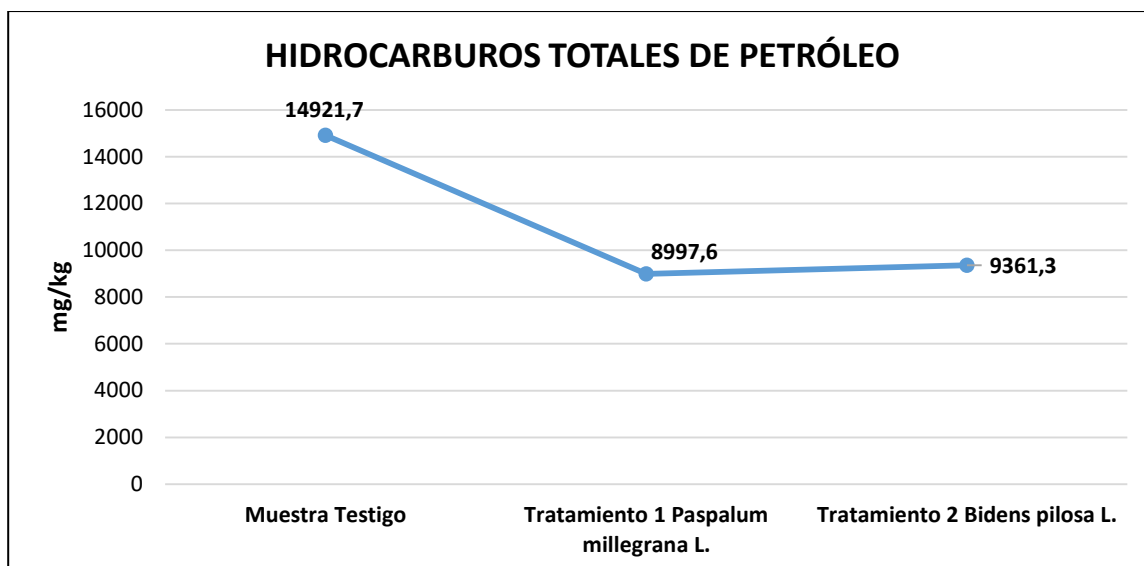


Figura 10.- Comparación de Hidrocarburos Totales de Petróleo con el testigo.

De igual manera en esta gráfica se observa un alto nivel de descontaminación del suelo por parte de las 2 especies vegetales objeto de estudio en relación a los valores obtenidos en la muestra testigo que son de 14921.7 mg/kg de Hidrocarburos Totales de Petróleo presentes en el suelo, en el Tratamiento 1 se registra un valor de 8997,6 mg/kg que representa una reducción del 39,70% de contaminación existente en el suelo; así mismo en el Tratamiento 2 se registra un valor 9361,3 mg/kg que representa una reducción del 37,26% de contaminación existente en el suelo.

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

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

6.3.1 Realizar una conjetura.

La descontaminación de suelos contaminados por hidrocarburos provenientes de la Lavadora y Lubricadora Marifer ubicada en el barrio Tunantza, dependerá del potencial fitorremediador de las especies *Paspalum millegrana* L. (Hierba Cortadera) y *Bidens pilosa* L. (Wichingue).

6.3.2 Planteamiento de la hipótesis nula y la hipótesis alternativa.

Hipótesis Nula (H₀).- La efectividad del tratamiento del suelo por el proceso de Fitorremediación, difiere significativamente entre el uso de las especies vegetales *Paspalum millegrana* L. (Hierba Cortadera) y *Bidens pilosa* L. (Wichingue).

Hipótesis Alternativa (H₁).- La efectividad del tratamiento del suelo por el proceso de Fitorremediación, no difiere significativamente entre el uso de las especies vegetales *Paspalum millegrana* L. (Hierba Cortadera) y *Bidens pilosa* L. (Wichingue).

6.3.3 Calcular el valor del Chi-cuadrado.

Se obtuvo una tabla de contingencia de las frecuencias observadas. La siguiente tabla indican los resultados de los análisis de tratamiento de los suelos contaminados por aceites y grasas e hidrocarburos totales de petróleo con las especies vegetales *Paspalum millegrana* L. (Hierba Cortadera) y *Bidens pilosa* L. (Wichingue).

Cuadro 7.- Frecuencias observadas en los tratamientos.

Parámetro	Unidad	Tratamiento 1	Tratamiento 2
		<i>Paspalum Millegrana L.</i>	<i>Bidens Pilosa L.</i>
Potencial de Hidrógeno	pH	6.5	6.6
Conductividad	Us/cm	43,5	65,5
Plomo (Pb)	mg/kg	< 20	< 20
Aceites y grasas	mg/kg	11035.7	11439.6
Hidrocarburos totales de petróleo	mg/kg	8997.6	9361.3
Materia orgánica	%	7.41	7.77

Con los datos del cuadro 7 correspondiente a las frecuencias observadas del resultado de los análisis de los tratamientos de suelos contaminados por Aceites y grasa e Hidrocarburos totales de petróleo, se procedió a realizar la suma de los resultados tanto de las filas como de las columnas para obtener el cuadro de las frecuencias esperadas.

Cuadro 8.- Resultados de la suma de las frecuencias observadas.

TABLA DE FRECUENCIAS OBSERVADAS			
Parámetro	Tratamiento 1	Tratamiento 2	TOTAL
	<i>Paspalum Millegrana L.</i>	<i>Bidens Pilosa L.</i>	
Potencial de Hidrógeno	6,5	6,6	13,1
Conductividad	43,5	65,5	109
Plomo (Pb)	20	20	40
Aceites y grasas	11035,7	11439,6	22475,3
Hidrocarburos totales de petróleo	8997,6	9361,3	18358,9
Materia orgánica	7,41	7,77	15,18
TOTAL	20110,71	20900,77	41011,48

Con los datos del cuadro 8 se utilizó la siguiente fórmula para determinar los valores de las frecuencias esperadas.

$$Fe = (\Sigma c \times \Sigma f) / \Sigma \text{ Total}$$

Donde.

Fe = Frecuencia esperada.

Σc = Sumatoria total de cada columna.

Σf = Sumatoria de cada fila.

Σt = Sumatoria total de los valores de la tabla.

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

Cuadro 9.- Resultados de las frecuencias esperadas (Fe).

TABLA DE FRECUENCIAS ESPERADAS		
Parámetro	Tratamiento 1	Tratamiento 2
	<i>Paspalum Millegrana L.</i>	<i>Bidens Pilosa L.</i>
Conductividad	53,45009227	55,54990773
Plomo (Pb)	19,61471276	20,38528724
Aceites y grasas	11021,16384	11454,13616
Hidrocarburos totales de petróleo	9002,613752	9356,286248
Materia orgánica	7,443783492	7,736216508
TOTAL	20110,71	20900,77

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

$$X^2 = \sum \frac{(F_o - F_e)^2}{F_e}$$

Donde.

X^2 = Chi cuadrado.

F_o = Frecuencia del valor observado.

F_e = Frecuencia del valor esperado.

Calculando el Chi cuadrado (X^2) nos da como resultado el siguiente dato:

Cuadro 10.- Resultados Chi-cuadrado (X^2).

FRECUENCIA OBSERVADA	FRECUENCIA ESPERADA	CHI-CUADRADO (X^2)
6,5	6,4238	0,0009
43,5	53,4501	1,8523
20	19,6147	0,0076
11035,7	11021,1638	0,0192
8997,6	9002,6138	0,0028
7,41	7,4438	0,0002
6,6	6,6762	0,0009
65,5	55,5499	1,7823
20	20,3853	0,0073
11439,6	11454,1362	0,0184
9361,3	9356,2862	0,0027
7,77	7,7362	0,0001
TOTAL		3,6946

$$X^2 = \sum \frac{(6,5 - 6,4238)^2}{6,4238} + \dots + \frac{(7,77 - 7,7362)^2}{7,7362} = 3,6946$$

El valor obtenido aplicando la fórmula del Chi-cuadrado es de:

$$X^2 = 3,6946$$

6.3.3.1 Determinación del valor de (p):

Para calcular el valor de (p) se utilizó la siguiente fórmula.

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

$$P = 0,95$$

$$P = 0,95 \times 100\%$$

$$P = 95 \%$$

6.3.3.2 Determinación del grado de libertad (v):

Para calcular el grado de libertad (v) se utilizó la siguiente fórmula.

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

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

$$V = 5 * 1$$

$$V = 5$$

6.3.3.3 Obtener el valor crítico de acuerdo a la tabla resumida de Distribución del Chi Cuadrado (X²).

Cuadro 11.- Resultado del valor crítico.

TABLA RESUMIDA DE DISTRIBUCION DEL CHI CUADRADO			
GL/Conf.	99%	95%	90%
1	6,6349	3,8415	2,7055
2	9,2104	5,9915	4,6052
3	11,3449	7,8147	6,2514
4	13,2767	9,4877	7,7794
5	15,0863	11,0705	9,2363
6	16,8119	12,5916	10,6446
7	18,4753	14,0671	12,017
8	20,0902	15,5073	13,3616
9	21,6660	16,919	14,6837
10	23,2093	18,307	15,9872

El valor crítico (**vc**) de acuerdo a la tabla resumida de Distribución del Chi Cuadrado (**X²**) es:

$$Vc = 11,07$$

6.3.3.4 Realizar una comparación entre el Chi Cuadrado Calculado (X² cal.) y el valor crítico (vc).

Cuadro 12.- Comparación entre el X² calculado y el Valor Crítico (vc).

X ² CALCULADO	Valor Crítico (vc)
3,69	11,07

6.3.3.4.1 Interpretar la comparación.

Si el valor del Chi Cuadrado calculado es menor o igual que el Chi Cuadrado crítico entonces se acepta la hipótesis nula, caso contrario no se la acepta. El Chi Cuadrado calculado tiene un valor de 3,69 que es menor a los datos del Chi Cuadrado crítico que es de 11,07; esto quiere decir que se acepta la hipótesis nula (H₀): La efectividad del tratamiento del suelo por el proceso de Fitorremediación, difiere significativamente entre el uso de las especies vegetales *Paspalum millegrana* L. (Hierba Cortadera) y *Bidens pilosa* L. (Wichingue) y se rechaza la hipótesis alternativa (H₁): La efectividad del tratamiento del suelo por el proceso de Fitorremediación, no difiere significativamente entre el uso de las especies vegetales *Paspalum millegrana* L. (Hierba Cortadera) y *Bidens pilosa* L. (Wichingue).

6.3.4 Costos para remediación de suelos contaminados por hidrocarburos de petróleo.

Cuadro 13.- Costos de remediación en 10000 m².

MATRIZ COSTOS DE REMEDIACIÓN PARA SUELOS CONTAMINADOS POR DESECHOS DE HIDROCARBUROS					
RUBRO	ACTIVIDADES	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Herramientas	Machete	2	Unidad	\$ 5.00	\$ 10.00
	Pala	2	Unidad	\$ 8.00	\$ 16.00
	Barreta	2	Unidad	\$ 13.50	\$ 13.50
	SERRUCHO	1	Unidad	\$ 5.00	\$ 5.00
	Martillo	1	Unidad	\$ 5.00	\$ 5.00
	Flexómetro	1	Unidad	\$ 3.50	\$ 3.50
Materiales	Clavos	2	Libras	\$ 1.50	\$ 3.00
	Tablas	15	Unidad	\$ 2.50	\$ 37.50
	Alambre de amarre	3	Libras	\$ 1.80	\$ 5.40
Mano de obra	Adecuación del área	3	DIAS	\$ 15.00	\$ 45.00
	Desbroce de cobertura vegetal	3	DIAS	\$ 15.00	\$ 45.00
	Preparación del suelo	3	DIAS	\$ 15.00	\$ 45.00
	Adquisición de las especies	4	DIAS	\$ 15.00	\$ 60.00
	Siembra de las especies	20	DIAS	\$ 15.00	\$ 300.00
	Toma de muestras	1	DIAS	\$ 15.00	\$ 15.00
	Análisis de muestras en el laboratorio ambiental	2	MUESTRAS	\$ 213.00	\$ 426.00
				COSTO TOTAL	\$ 1034.9

El costo de remediación de suelos contaminados por desechos de hidrocarburos con las especies propuestas en el presente estudio es de \$ 1034.90 dólares por hectárea.

7 DISCUSIÓN

Mediante la aplicación de la herramienta metodológica “encuesta” se obtuvieron datos relevantes del diagnóstico denominado línea base, en donde el reporte presenta que las causas de la contaminación del suelo se evidencian en todas las fases de producción de la empresa y sus principales orígenes son el mal manejo de los desechos sólidos y líquidos, a pesar de que cuenta con la infraestructura básica para el tratamiento primario de las aguas residuales no existe el adecuado mantenimiento para su óptimo funcionamiento, generando lodos residuales, fugas de desechos de hidrocarburos que se dispersan por toda el área de estudio, esto se corrobora con los resultados de laboratorio de la línea base en donde se determinó que el área de estudio se encuentra contaminada por Aceites y grasas con un valor de 15318.2 mg/kg e Hidrocarburos totales de petróleo con un valor de 14921.7 mg/kg que comparados con la Normativa Ambiental vigente se encuentran sobre los límites permisibles establecidos, siendo una limitante para realizar producción agropecuaria.

Con estos antecedentes se evidencia que los contaminantes disminuyen significativamente la productividad de los principales cultivos que se han llevado a cabo en el área de estudio, dicho en otras palabras la productividad actual de los cultivos se encuentra en el 49% la cual es catalogada como baja comparada con los datos de la producción nacional emitidos por el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP, 2015) descritos en su tabla 2 (ver anexo 12). Según Méndez, Salazar y Velásquez (2006) en un estudio mencionan que el déficit de productividad puede también atribuirse a que “el petróleo y los aceites y grasas forman sobre la raíz una capa hidrofóbica, la cual limitó la absorción de agua

y nutrimentos esenciales (N, P, K) que necesitan las plantas para ejercer su ciclo de producción” (p. 106).

Uno de los parámetros evaluados en el monitoreo y seguimiento es la altura de la planta que para las especies *Paspalum millegrana L.* y *Bidens Pilosa L.* en su etapa de crecimiento durante 120 días llegaron a un promedio de 2.3 m para la primera y 1.24 m para la segunda en condiciones controladas, es importante considerar que “en condiciones normales las especies vegetales presentan un crecimiento máximo de 1.60 m” (Lugo y Mas, 2013, p. 239) y 1 m respectivamente” (Mondragón y Vibrans, 2019, p. 1), este incremento del 43.7% y 24% de altura de las plantas se debe a la abundante materia orgánica presente en el suelo y a la aplicación de dos fertilizantes orgánicos solubles en la etapa de adaptación como son el Sol-U-Gro 12-48-8 y Cytokin que son persistentes en los suelos por extensos periodos de tiempo, estos fertilizantes contienen nutrientes y hormonas vegetales que ayudan a la planta a fortificar la raíz y fortalecer el crecimiento en toda su etapa de desarrollo, esto coincide con el estudio realizado por Ferrera et al, (2007) quien determina en su ensayo con la especie vegetal *Phaseulos coccineus*, que la presencia de hidrocarburos en el suelo redujo significativamente el crecimiento y desarrollo de la planta en un 14% con respecto a la planta testigo (cultivada en suelo no contaminado y no fertilizado), mientras que la fertilización (fertilizante orgánico Forg) estimulo significativamente la altura de las plantas en un aumento del 19% desde los 70 días con respecto al testigo.

Por otro lado haciendo referencia al número de hojas de las especies vegetales *Paspalum millegrana L.* con un promedio de 11 hojas y *Bidens Pilosa L.* con un promedio de 72 hojas no son un factor determinante en el porcentaje de

descontaminación de los suelos contaminados por aceites y grasas e hidrocarburos totales de petróleo ya que la primera especie ha descontaminado 2.68% más que la segunda especie en el primer parámetro y 2.44% más que la segunda especie en el segundo parámetro.

Así mismo en referencia a la Clorosis de las especies empleadas en la presente investigación se tiene que posterior a los 15 días el 10% de las hojas de las especies monitoreadas se tornaron cloróticas, llegando a obtener un promedio del 70% para la primera especie y un 50 % para la segunda especie en toda la población muestreada al final de los 120 días, este porcentaje de clorosis se atribuye al estrés que sufrieron las plantas al momento del trasplante y a la reacción que las mismas tuvieron al efecto del contaminante en su etapa de desarrollo, cabe recalcar que pese a estos síntomas (clorosis, muerte de algunas ramas, hojas quemadas) ningún individuo monitoreado murió. Según Morales et al, (2015) esto se debe a que “el sistema vegetal de las especies vegetales tomaron y trasladaron los hidrocarburos hacia los órganos fundamentales causando la pérdida del color verde característico de las plantas” (p. 9). Otro estudio con las especies *Ludwigia peruviana*, *Mimosa polydactyla*, *Tessaria integrifolia* y *Verbena litoralis* desarrollado por Yáñez y Bárcenas, (2012) manifiestan que la tolerancia de estas especies en suelos contaminados por hidrocarburos, se evidencia el 50% de la clorosis en las dos primeras semanas los síntomas más relevantes son: amarillamiento de las hojas (clorosis), enrollamiento foliar, puntas de las hojas quemadas y algunas ramas secas, ellos atribuyen que estos síntomas son causados por el efecto del trasplante y la contaminación de hidrocarburos presentes en el suelo. (p. 36).

Los resultados de los análisis de los tratamientos en estudio para los parámetros físicos, químicos y biológicos se determinó que el pH, Conductividad eléctrica, y plomo se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles de criterios de remediación del suelo que emite la Autoridad Ambiental para suelos agrícolas, por lo que no es necesario realizar tratamientos para estos parámetros debido a que estos valores no limitan en ningún caso el desarrollo, crecimiento y la productividad de las especies vegetales objeto de estudio.

Para los parámetros Aciertes y grasas e Hidrocarburos totales de petróleo se encuentran sobre los límites máximos permisibles de criterio de remediación del suelo que emite la Autoridad Ambiental; por lo que luego de desarrollar la investigación se determinó que entre los tratamientos empleados, la especie *Paspalum millegrana L.* obtuvo mejores resultados en la remoción del primer parámetro con un valor del 28% y la remoción del segundo parámetro con un valor de 39.70%. La especie *Bidens pilosa L.* también produjo una remoción del 2.68%, y 2.44% menor que el primer tratamiento, esto se debe a que las especies poseen sistemas radiculares diferentes (fasciculadas y pivotantes) esta estructura de la raíz permite atrapar, retener y absorber los contaminantes del suelo hacia los órganos internos de ella para metabolizarlos y convertirlos en metabolitos menos peligrosos otro factor significativo fue la altura de la planta ya que a mayor tamaño mayor área foliar y mayor sistema radicular, esto lo corrobora Beltrán, (2001) en su estudio donde menciona que el crecimiento de biomasa y la cantidad de raíz, es un parámetro clave ya que incrementa el carbón orgánico al perfil del suelo y por ello las plantas son capaces de absorber los contaminantes orgánicos vía cometabolismo en la rizosfera, una vez que los compuestos químicos orgánicos son traslocados, la planta los puede almacenar y los fragmenta dentro de una

estructura nueva en la planta vía lignificación; esto quiere decir que la planta puede volatilizar, metabolizar o mineralizar el compuesto completamente a bióxido de carbono y agua.

En los resultados de la línea base presentan un porcentaje de MO de 8.14% considerada como alta, ello se debe a la presencia de abundante vegetación herbácea ya que sus hojas, tallo y raíces son una fuente importante de MO, otro factor son las condiciones climáticas del lugar en donde las altas temperaturas y la humedad del terreno aceleran los procesos de descomposición de los vegetales conservando su contenido en el suelo, es importante mencionar que el territorio cuenta con una topografía plana, esto es trascendental ya que la distribución de la MO de las partes elevadas hacia las partes bajas se da por los procesos de escorrentía de las aguas acumulando grandes cantidades de MO en los valles.

En cuanto al porcentaje de MO en el proyecto de investigación se obtuvo un consumo en el primer tratamiento con *Paspalum millegrana L.* de 0.73% y en el segundo tratamiento con *Bidens pilosa L.* de 0.37% esta reducción se debe a la acción que tienen los microorganismos al descomponer la MO presente en el suelo en sales minerales más simples (N, P, K) que necesitan las plantas para poder desarrollarse, esto lo corrobora Espinosa, (1996) en donde menciona que Los organismos del suelo (biota) incluyendo los microorganismos, usan los residuos de las plantas y los animales y los derivados de la MO como alimentos. A medida que descomponen los residuos y la MO, los nutrientes en exceso (nitrógeno, fósforo y azufre) son liberados dentro del suelo en formas que pueden ser usadas por las plantas (disponibilidad de nutrientes).

8 CONCLUSIONES

- Los suelos del área de estudio se encuentran contaminados con 15318.2 mg/kg de Aceites y grasas y con 14921.7 mg/kg de Hidrocarburos totales de petróleo sobrepasando los límites máximos permisibles establecidos por el MAE, 2015 en el Acuerdo Ministerial 097A.
- La productividad actual de los cultivos maíz, yuca, plátano y caña se encuentra en el 49% la cual es catalogada como baja comparada con los datos de la producción nacional emitidos por el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP, 2015).
- El rápido crecimiento y desarrollo de las especies *Paspalum millegrana L.* y *Bidens pilosa L.* es una ventaja, ya que debido a estos procesos pueden remover cantidades significativas de aceites y grasas e hidrocarburos totales de petróleo en condiciones controladas (bajo invernadero).
- El número de hojas no fue un factor determinante en el porcentaje de descontaminación de los suelos contaminados por aceites y grasas e hidrocarburos totales de petróleo ya que la especie *Paspalum millegrana L.* con un promedio de 11 hojas descontaminó 2.68% en el primer parámetro y 2.44% en el segundo parámetro más que la especie *Bidens pilosa L.* con un promedio de 72 hojas.
- Ambas especies vegetales *Paspalum millegrana L.* y *Bidens pilosa L.* desde los 15 días de implementadas en los tratamientos presentaron

anomalías en el 10% de las hojas como clorosis, muerte de algunas ramas y hojas quemadas.

- El tratamiento con la especie *Paspalum millegrana L.* presenta mayor porcentaje de fitorremediación con 28% para aceites y grasas y 39.70 para hidrocarburos totales de petróleo, en comparación con el otro tratamiento con la especie *Bidens pilosa L.* que también produjo una remoción del 2.68%, y 2.44% menor que el primer tratamiento
- La efectividad del tratamiento del suelo por el proceso de fitorremediación difiere significativamente entre el uso de las especie vegetal *Paspalum millegrana L.* y *Bidens pilosa L.*
- La utilización de *Paspalum millegrana L.* y *Bidens pilosa L.* ofrece una alternativa eficiente a los métodos convencionales de desintoxicación de suelos contaminados por hidrocarburos de petróleo, por lo que se las puede utilizar como una herramienta efectiva y económica.
- Los costos de remediación con las especies *Paspalum millegrana L.* y *Bidens pilos L.* es de \$ 1034.90 dólares por hectárea.

9 RECOMENDACIONES

Para las instituciones educativas:

- Incentivar a los estudiantes a realizar trabajos investigativos relacionados con la remoción de contaminantes del suelo utilizando métodos biológicos y en lo posible con especies vegetales del lugar de estudio.
- Realizar un inventario de especies vegetales con capacidad fitorremediadora que puedan ser empleadas para remediar suelos contaminados por desechos de hidrocarburos.
- Utilizar la especie vegetal *Paspalum millegrana L.* para futuros ensayos de investigación, ya que fue la que más descontaminó durante la experimentación; presentando todas las bondades fitorremediadoras para remover y recuperar suelos contaminados por hidrocarburos, mejorando las condiciones físicas, químicas y microbiológicas del suelo.
- Para futuras investigaciones se recomienda monitorear parámetros como: fisiología de la planta, metabolismo, época del año de siembra, sistema radicular de la planta, condiciones geoclimáticas de la zona donde se desarrolla el proyecto y requerimiento de nutrientes de cada especie ya que el porcentaje de remoción de aceites y grasas e hidrocarburos totales de petróleo varía entre una y otra especie.
- Al utilizar esta técnica de fitorremediación se recomienda que se les dé un adecuado manejo a las especies *Paspalum millegrana L.* y *Bidens*

pilosa L. ya que se pueden considerar invasoras debido a su rápida reproducción y propagación.

- Investigar tecnologías eficientes para el manejo adecuado de estas especies vegetales contaminadas, una vez terminado su ciclo de vida.
- Para obtener datos más relevantes sobre la capacidad de absorción de las plantas, se debe realizar los análisis toxicológicos de las mismas.

Para las instituciones gubernamentales:

- Realizar un plan de remediación de suelos contaminados por hidrocarburos de petróleo en lavadoras y lubricadoras de Zamora utilizando la especie *Paspalum millegrana* L. misma que tiene el potencial fitorremediador para remover estos contaminantes.
- Realizar programas de capacitación en lavadoras y lubricadoras sobre el manejo, almacenamiento y disposición final adecuada de desechos de hidrocarburos de petróleo, para evitar alteraciones significativas en la salud de los habitantes y del medio ambiente.

Para los propietarios de las lavadoras y lubricadoras.

- Cumplir con el Plan de Manejo Ambiental empleando buenas prácticas de manejo en todos los procesos productivos de las lavadoras y lubricadoras, reduciendo los impactos negativos que se pueden generar hacia el ambiente

- Utilizar técnicas de biorremediación para tratar suelos contaminados por hidrocarburos de petróleo ya que son ecológicamente amigables con el ambiente y de bajo presupuesto.

10 BIBLIOGRAFÍA:

Agencia de Protección Ambiental "EPA". (Abril de 1996). *Guía Ciudadana para las Tecnologías de Tratamiento Innovadoras*. Recuperado el 10 de Mayo de 2016, de <http://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe/10002SYU.TXT?ZyActionD=ZyDocument&Client=EPA&Index=1995+Thru+1999&Docs=&Query=&Time=&EndTime=&SearchMethod=1&TocRestrict=n&Toc=&TocEntry=&QField=&QFieldYear=&QFieldMonth=&QFieldDay=&IntQFieldOp=0&ExtQFieldOp=0&XmlQuery=&>

Agencia de Protección ambiental "EPA". (Diciembre de 1997). *Manual Estandar de Tratamiento de Residuos Sólidos Peligrosos*. Recuperado el 10 de Mayo de 2016, de <http://rydberg.biology.colostate.edu/Phytoremediation/2006/Perera-Webpage/introphy.htm>

Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (9 de diciembre de 2014). *Resúmenes de Salud Pública - Hidrocarburos totales de petróleo*. Recuperado el 11 de febrero de 2016, de http://www.atsdr.cdc.gov/http://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs123.html

Agency For Toxic Substances And Disease Register. (Agosto de 1999). *www.atsdr.cdc.gov*. Recuperado el 29 de Noviembre de 2015, de [www.atsdr.cdc.gov: http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts123.pdf](http://www.atsdr.cdc.gov/http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts123.pdf)

Aguamarket y Cia. Ltda 2016. (2016). *Aguamarket.com*. Recuperado el 05 de Septiembre de 2016, de <http://www.aguamarket.com/diccionario/terminos.asp?Id=3110&termino=Aceites+y+Grasas>

- Agudelo Betancur, L. M., Macias Mazo, K. I., & Suárez Mendoza, A. J. (2005). Fitorremediación la alternativa para absorber metales pesados de los biosólidos. *Revista Lasallista de Investigación, II*, 59. Recuperado el 14 de Marzo de 2016, de <http://eca-suelo.com.pe/wp-content/uploads/2015/05/Fitorremediacion-la-alternativa-para-absorber-metales-pesados-de-los-biosolidos.pdf>
- Anderson, T., Guthrie, E., & Walton, B. (Diciembre de 1993). *Biorremediación en la Rizósfera*. Obtenido de <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es00049a001>
- Asociacion Española para la Cultura, El Arte y La Educación. (Febrero de 2014). *Natureduca*. Recuperado el 30 de Marzo de 2016, de http://www.natureduca.com/botan_clasif_taxonom1.php
- Bartha, R., & Atlas, R. (2001). *Ecología microbiana y microbiología ambiental*. Madrid: Addison Wesley.
- Becerra Castro, García Lestón, Monterroso, & Kidd. (Mayo de 2007). Aplicación de plantas hiperacumuladoras de níquel en la fitoextracción natural. *Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente*, 26-43. Recuperado el 14 de Marzo de 2016, de <http://revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/126>
- Beltrán Villavicencio, M. (2001). *Fitoextracción de suelos contaminados con cadmio y zinc usando especies vegetales comestibles*. Mexico. Obtenido de <http://zaloamati.azc.uam.mx/bitstream/handle/11191/185/Fitoextraccion%20en%20suelos%20contaminados.pdf?sequence=1>
- Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana. (2009). *www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx*. Recuperado el 29 de Noviembre de

2015, de www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx: <http://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx/monografia.php?l=3&t=&id=7733>

Bravo, E. (Mayo de 2007). *Los Impactos de La Explotación Petrolera en Ecosistemas Tropicales y La Biodiversidad*. Recuperado el 2 de Agosto de 2016, de www.inredh.org: https://www.inredh.org/archivos/documentos_ambiental/impactos_explotacion_petrolera_esp.pdf

Buendía Ríos, H., Cruz Reyes, F., Meza Arquíñigo, C., & Arévalo Zumaeta, J. (2014). *Fitorremediación de Suelos Contaminados por Hidrocarburos de Petróleo*. Lima.

Carnicer, J. M. (2007). *Contaminación Atmosférica*. Recuperado el 1 de Agosto de 2016, de http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:45259/componente45257.pdf

Carrillo Lema, F. J. (Febrero de 2012). *dspace.ups.edu.ec*. Recuperado el 29 de noviembre de 2015, de [dspace.ups.edu.ec](http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/3971/1/QT02969.pdf): <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/3971/1/QT02969.pdf>

Chamorro Mejía, J. C., & Paredes, J. Q. (2010). *Propiedades Químicas del suelo*. Recuperado el 9 de Mayo de 2016, de <https://es.scribd.com/document/68024457/Propiedades-Quimicas-del-Suelo>

Constitución de la República del Ecuador. (17 de Diciembre de 2008). *Consortio para el Derecho Socioambiental*. Recuperado el 15 de Marzo de 2016, de http://www.derechoambiental.org/Derecho/Legislacion/Constitucion_Asamblea_Ecuador.html

Constitución de La República del Ecuador. (2008). *Ley de Gestión Ambiental*. Quito: Lexis.

Davis, Erickson, Lee, Shimp, & Tracy. (1993). *Efectos de las Plantas en la Biorremediación de Suelos Contaminados y Aguas Subterráneas*.

De La Vega. (24 de Abril de 2014). *lamamapachama.com*. Recuperado el 29 de Noviembre de 2015, de lamamapachama.com: <http://lamamapachama.com/2014/04/24/la-fitorremediacion-plantas-para-tratar-la-contaminacion-ambiental/>

De la Vega, P. (24 de Abril de 2014). *La Mama Pacha*. Recuperado el 14 de Marzo de 2016, de <http://lamamapachama.com/2014/04/24/la-fitorremediacion-plantas-para-tratar-la-contaminacion-ambiental/>

Delgadillo López, A. E., González Ramírez, C. A., Villagómez Ibarra, J. R., & Acevedo Sandoval, O. (2011). *Fitorremediación, una alternativa para eliminar la contaminación*. Mérida. Recuperado el 30 de Septiembre de 2016, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-04622011000200002

Espinosa , J. (1996). *Relación entre la fertilización mineral, la materia orgánica y los microorganismos del suelo*. Quito. Obtenido de http://www.mag.gob.ec/congreso_agronomico_x/a50-2388-III_119.pdf

Eweis, Ergas, Chang, & Schroeder. (1998). *Bioremediation Principles*. Obtenido de <http://www.cabdirect.org/abstracts/19981905867.html>

Ferrera Cerrato, R., Alarcón , A., Mendoza López, M., San Gabriel, W., Trejo Aguila, D., Cruz Sánchez, S., Delgadillo Martínez, J. (2007). *Fitorremediación de un*

suelo contaminado con combustóleo utilizando phaseolus coccineus y fertilización orgánica e inorgánica. Montecillo, Estado de Mexico.

Gobierno Autónomo Descentralizado de La Provincia de Zamora CH. (14 de Marzo de 2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón zamora.* Obtenido de <http://www.zamora-chinchipe.gob.ec/otzch/documentos/Ordenamiento%20Territorial.pdf>

Honduras Silvestre. (2015). *www.hondurassilvestre.com.* Recuperado el 29 de Noviembre de 2015, de www.hondurassilvestre.com: <http://www.hondurassilvestre.com/search/taxa/taxa.aspx?tsn=41050>

Jumbo, A. J. (2014). Analisis de los efectos ambientales, provocados por los aceites provenientes de las lubricadoras de la ciudad de Zamora. *Analisis de los efectos ambientales, provocados por los aceites provenientes de las lubricadoras de la ciudad de Zamora*, 156. Zamora, Zamora Chinchipe, Ecuador.

Litoral, E. S. (2006). *Factibilidad del manejo ambientalmente correcto (MAC) de los residuos aceitosos en Guayaquil.* Guayaquil. Obtenido de http://www.basel.int/Portals/4/Basel%20Convention/docs/centers/proj_activ/tctf_projects/019.pdf

Lugo, T., & Mas. (2013). <http://www.nrcs.usda.gov/>. Recuperado el 8 de Enero de 2016, de <http://www.nrcs.usda.gov/>: http://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_PLANTMATERIALS/publications/prpmcbk13_Part-04-N-S.pdf

Martínez Pérez, F. (2010). *Tribiología Integral.* México. Recuperado el Domingo de Noviembre de 2015

- Méndez Natera, J. R., Salazar Garantón, R., & Velásquez, A. (2006). Efecto del derrame petrolero simulado y la aplicación de un remediador sobre la germinación de. Monagas. Obtenido de <http://www.bioline.org.br/pdf?cg06013>
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. (2014). *Impacto ambiental de los hidrocarburos y recuperación de los ecosistemas*. Obtenido de http://www.magrama.gob.es/es/costas/temas/proteccion-medio-marino/plan-ribera/contaminacion-marina-accidental/impacto_ambiental.aspx
- Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. (2015). Productividad agrícola en el Ecuador. Quito.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2006). *www.uis.edu.co*. Recuperado el Domingo de Noviembre de 2015, de www.uis.edu.co: <https://www.uis.edu.co/webUIS/es/gestionAmbiental/documentos/manuales/Manejo%20de%20Aceites%20Lubricantes%20Usados.pdf>
- Ministerio del Ambiente. (13 de Febrero de 2015). *Acuerdo Ministerial 097*. Quito: Lexis.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2015). *Acuerdo Ministerial N° 097*. Quito, Ecuador: Lexis.
- Mondragon Pichardo, J., & Vibrans, H. (16 de Agosto de 2009). *http://www.conabio.gob.mx*. Recuperado el 9 de Enero de 2016, de <http://www.conabio.gob.mx>: <http://www.conabio.gob.mx/malezasdeemexico/asteraceae/bidens-pilosa/fichas/ficha.htm>

Mora , A., & Zavala, S. (1982). *La Educacion Cívica*. Quito: Olmedo. Recuperado el 11 de Febrero de 2016

Morales Navarro, S. I., Rivera Casado, N. A., Salazar Plata, M. S., Gómez Guzmán, O., Pérez Vargas, J., & Calva Calva, G. (2015). Efecto de hidrocarburos sobre la germinación y perfil de compuestos fenólicos de plántulas de cyperus laxus cultivadas in vitro. *CENIC Ciencias Biológicas*. Obtenido de <http://revista.cnic.edu.cu/revistaCB/articulos/efecto-de-hidrocarburos-sobre-la-germinaci%C3%B3n-y-perfil-de-compuestos-fen%C3%B3licos-de-pl%C3%A1ntulas>

Naranjo Clemente, E. S., & Urgilés Calero, G. (2012). *www.dspace.espol.edu.ec*. Recuperado el 28 de 12 de 2015, de [www.dspace.espol.edu.ec: http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/21090/5/Proyecto%20de%20inversi%C3%B3n%20para%20la%20implementaci%C3%B3n%20de%20una%20empresa%20de%20lavado%20de%20autos%20a%20domicilio%20para%20la%20ciudad%20de%20guayaquil.doc](http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/21090/5/Proyecto%20de%20inversi%C3%B3n%20para%20la%20implementaci%C3%B3n%20de%20una%20empresa%20de%20lavado%20de%20autos%20a%20domicilio%20para%20la%20ciudad%20de%20guayaquil.doc).

Naranjo Clemente, E. S., & Urgilés Calero, G. N. (2012). *Proyecto de inversión para la implementación de una empresa de lavado de autos a domicilio para la ciudad de Guayaquil*. Guayaquil. Obtenido de [https://www.dspace .espol.edu.ec/bitstream/123456789/21090/6/Proyecto%20de%20inversi%C3%B3n%20para%20la%20implementaci%C3%B3n%20de%20una%20empres a%20de%20lavado%20de%20autos%20a%20domicilio%20para%20la%20ciudad%20de%20guayaquil.pdf](https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/21090/6/Proyecto%20de%20inversi%C3%B3n%20para%20la%20implementaci%C3%B3n%20de%20una%20empres a%20de%20lavado%20de%20autos%20a%20domicilio%20para%20la%20ciudad%20de%20guayaquil.pdf)

Navarro García , S., & Navarro García, G. (2003). *Química agrícola*. Madrid, España: Ediciones Mundi Prensa. Recuperado el 9 de Mayo de 2016, de

https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=lang_es&id=HufLwjgirtwC&oi=fnd&pg=PR1&dq=el+suelo&ots=-8F0n69A4&sig=fW0IDavJ1Bh IFI9e6l n LG2z0ka4#v=onepage&q&f=false

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2014).

Portal de suelos de la FAO. Recuperado el 9 de Mayo de 2016, de Propiedades Físicas del Suelo: <http://www.fao.org/soils-portal/lev-antam-iento-de-suelos/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/>

Pérez Galera, J. A. (s.f.). *servicios.educarm.es*. Recuperado el Domingo de Noviembre de 2015, de *servicios.educarm.es*: http://servicios.educarm.es/templates/portal/ficheros/websDinamicas/21/aceites_lubricantes.doc

Pérez Meléndez, J. (2011). *El Potencial Acumulador de Cd y Pb de la Nicotiana Tabacum L.* Editorial Española, 2011. Recuperado el 1 de Marzo de 2016, de <https://books.google.com.ec/books?id=ffCWpwAACAAJ&dq=fitorremediacion&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjx8Lvl8qDLAhVEr4MKHdT-BB0Q6AEIMDAF>

Pérez Meléndez, J. (2011). *El Potencial Acumulador de Cd y Pb de la Nicotiana Tabacum L.* Madrid: Editorial Académica Española, 2011. Recuperado el 1 de Marzo de 2016, de <https://books.google.com.ec/books?id=ffCWpwAACAAJ&dq=fitorremediacion&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjx8Lvl8qDLAhVEr4MKHdT-BB0Q6AEIMDAF>

Petenello, M. C., & Feldman, S. R. (2012). *Evaluación de la tolerancia a suelos contaminados con aceite diésel en especies vegetales con potencial biorremediador*. Rosario.

- Posada, R. H. (2012). *Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente*. Recuperado el 10 de Mayo de 2016, de Procesos de Biorremediación: http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358025/Modulo_FINAL_358025.pdf
- Ramírez Camacho, J. G. (2009). *Contaminación del Suelo*. Recuperado el 10 de Mayo de 2016, de <http://app.ute.edu.ec/content/3248-302-20-1-6-21/31865833-La-Contaminacion-Del-Suelo.pdf>
- Robledo Ramon, D. (2013). *Manual de educacion ambiental para el manejo adecuado de los aceites usados en la ciudad de riobamba*. riobamba.
- Rojas Chávez, S., Vibrans, H., & Tenorio Lezama, P. (30 de Julio de 2010). Obtenido de <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/poaceae/paspalum-conjugatum/fichas/ficha.htm>
- Rucks, L., García, F., Kaplán, A., Ponce, J., & Hill, M. (2004). *Facultad de Agronomía, Universidad de la República*. Recuperado el 9 de Mayo de 2016, de Propiedades Físicas del suelo: <http://bibliofagro.pbworks.com/f/propiedades+fisicas+del+suelo.pdf>
- Samboni, D. (Noviembre de 2014). *Fitorremediación*. Recuperado el 1 de Marzo de 2016, de <http://dsambonih.blogspot.com>: <http://dsambonih.blogspot.com/>
- Sánchez Londoño, J., & Valderrama Uribe, G. (2014). *Biología del Suelo*. Recuperado el 10 de Mayo de 2016, de Propiedades Biológicas del Suelo: <https://biologiadelsueloscsudea20132.wordpress.com/acerca-de/>

- Serreno Gómez, M. (2006). *Fitorremediación, una alternativa para la recuperación de suelos contaminados por hidrocarburos*. Obtenido de <http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/7034/2/119600.pdf>
- SIB Catálogo de Especies. (08 de Noviembre de 2012). www.biodiversidad.co. Recuperado el 29 de Noviembre de 2015, de www.biodiversidad.co: <http://www.biodiversidad.co/fichas/3516>
- Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater. (1976). www.repositorio.inecc.gob.mx. Recuperado el 29 de Noviembre de 2015, de www.repositorio.inecc.gob.mx: /ae2/aerepositorio.inecc.gob .mx_553.7078_m495-8_vol_iii_0001.pdf
- Suntaxi Beltrán, J. L. (Enero de 2012). repositorio.espe.edu.ec. Recuperado el Domingo de Noviembre de 2015, de repositorio.espe.edu.ec: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/5088/1/T-ESPEL-0877.pdf>
- Tello Torres, D. R. (Abril de 2008). repositorio.ute.edu.ec. Recuperado el Domingo de Noviembre de 2015, de repositorio.ute.edu.ec: http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/9272/1/35618_1.pdf
- Toledo Moran, B. K. (2009). www.dspace.espol.edu.ec. Recuperado el 29 de Noviembre de 2015, de www.dspace.espol.edu.ec: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/5355/1/Aplicaci%C3%B3n%20de%20procesos%20biol%C3%B3gicos%20como%20medida%20de%20remediaci%C3%B3n.pdf>
- Universidad de Granada. (2016). *Prácticas Online de Microbiología para Farmacéuticos*. Recuperado el 10 de Mayo de 2016, de Suelos

Contaminados por Hidrocarburos: http://www.pomif.com/pages /practicas/micro_ambiental/suelos_hidrocarburos?theme=pdf

Universidad de Puerto Rico. (2011). <http://www.uprm.edu>. Recuperado el 8 de enero de 2016, de <http://www.uprm.edu: http://www.uprm .edu /agricultura/forrajes/html/indicadoras.htm>

Vasudevan, L., & Rajaram, N. (2001). *Bioremediation of soil sludge contaminated soil*. Recuperado el 29 de Septiembre de 2016, de http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612012000100002

Yáñez , P., & Bárcenas, M. (2012). *Determinación de los niveles de tolerancia a hidrocarburos y potencial de fitorremediación de cuatro especies vegetales del sector baeza-el chaco, Ecuador*. Quito. Obtenido de <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/8823/1/Determinacion%20de%20los%20niveles%20de%20tolerancia%20a%20hidrocarburos%20y%20potencial%20de%20fitorremediacion%20de%20cuatro%20especies%20vegetales%20del%20sector%20Baeza%20El%20Chaco%20Ecuador.pdf>

Zamora, A., Ramos, J., & Arias, M. (2012). *Efecto de la contaminacion por hidrocarburos sobre algunas propiedades químicas y microbiologicas de un suelo de sabana*. Caracas. Recuperado el 29 de Septiembre de 2016, de <http://www.scielo.org.ve/pdf/ba/v24n1/art02.pdf>

11 ANEXOS

11.1 Anexo 1. Encuesta para conocer el proceso productivo de la empresa



ENCUESTA

Antecedentes:

Como alumno de la UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA, estudiante de la carrera de Ing. en Manejo y Conservación de Medio Ambiente me permito darle conocimiento de mi tema de tesis el cual se denomina: **“EVALUACIÓN DEL POTENCIAL FITORREMEDIAADOR DE DOS ESPECIES VEGETALES *Paspalum millegrana* L. y *Bidens pilosa* L. PARA REMEDIAR SUELOS CONTAMINADOS POR HIDROCARBUROS PROVENIENTES DE LA LAVADORA Y LUBRICADORA MARIFER, CANTÓN ZAMORA**”, para el cual le pido su colaboración como propietaria de esta empresa.

Objetivo de la encuesta:

La presente encuesta tiene por objetivo identificar el funcionamiento de la Lavadora y vulcanizadora Marifer ubicada en la ciudad de Zamora, para tener claridad, sobre la situación actual.

Instrucciones:

Esta encuesta consta de 19 preguntas.

Lea atentamente cada una de ellas, revise todas las opciones, y elija la alternativa que más lo (a) identifique.

Marque con una X la en la casilla correspondiente

Información

NOMBRE DEL PROPIETARIO: [Enma Piedad Chamba.](#)

RUC: [1900311646001](#)

DIRECCIÓN: [Zamora, barrio Tunantza, vía troncal Amazónica.](#)

BARRIO: [Tunantza.](#)

COORDENADAS: [X 731485, Y 9552515.](#)

FECHA: [2 de Junio del 2016.](#)

IDENTIFICACIÓN

1. TIPO DE ACTIVIDAD

LAVADORA

LUBRICADORA

MECÁNICAS

TALLER

OTROS

2. NOMBRE DE LA EMPRESA

[Lavadora y Lubricadora Marifer.](#)

3. ÁREAS PRODUCTIVAS DE LA EMPRESA

La empresa cuenta con el área Administrativa, Área de lavado y pulverizado del vehículo, Área de limpieza interna del vehículo, Área de vulcanizado.

3. SU NEGOCIO POSEE UN ÁREA DETERMINADA PARA ALMACENAR RESIDUOS SÓLIDOS

SI

NO

4. QUE TIPOS DE DESECHOS SÓLIDOS GENERA SU ESTABLECIMIENTO

ENVASES PLÁSTICOS

FILTROS

OTROS (, GUAÍPE, CARTÓN)

5. SU NEGOCIO POSEE UN ÁREA DETERMINADA PARA ALMACENAR RESIDUOS LÍQUIDOS

SI

NO

6. EN QUE TIPO DE RESIPIENTES SE ALMACENAN EL RESIDUO LÍQUIDO

TANQUE DE METAL DE 500 m³

CANECAS

BOTELLAS PLÁSTICAS

OTRAS

CONOCIMIENTO DEL TEMA

7. CONOCE LAS LEYES O NORMAS AMBIENTALES QUE REGULEN LA ACTIVIDAD DE LAS MECÁNICAS O DE LAS LUBRICADORAS Y LAVADORAS

SI NO

CUAL: [Acuerdo ministerial N° 097.](#)

8. CONOCE USTED LA AFECTACIÓN AL AMBIENTE QUE CAUSAN LOS ACEITES USADOS

SI NO

CUAL: [Contaminación del suelo y aguas, pérdida de la biodiversidad.](#)

9. USTED CONOCE SOBRE ALGUNA FORMA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS LÍQUIDOS

SI NO

CUAL: [Absorción de grasas y aceites de las aguas a través de la utilización de carbón activado.](#)

10. QUE USOS TIENEN LOS ACEITES USADOS

TRATAMIENTO

COMERCIALIZACIÓN

OTROS: [Disposición final \(Empresa autorizada por la autoridad ambiental, gestora de los residuos líquidos\).](#)

CONDICIONES DEL ESTABLECIMIENTO

11. EL PISO SE ENCUENTRA IMPERMEABILIZADO PARA EVITAR INFILTRACIONES

SI NO EN PARTE

12. CON QUE SE ENCUENTRA CONSTRUÍDA LA BASE DEL ESTABLECIMIENTO

ARENA HORMIGÓN LASTRE

OTROS: Grava

13. DISPONEN DE ESPACIOS PARA LA ATENCIÓN AL CLIENTE, CAMBIOS DE ACEITES Y VULCANIZADO DE VEHICULOS.

SI NO

14. CUAL ES LA PROLONGACIÓN, VIDA UTIL DE LA INFRAESTRUCTURA.

30 años

15. CUAL ES LA CAPACIDAD INSTALADA DE LA EMPRESA.

20 personas y 10 vehículos

16. QUE TIPO DE SERVICIOS BRINDA LA EMPRESA A SUS CLIENTES.

Servicio simple, servicio completo y servicio exprés

INFORMACIÓN DEL PERSONAL

17. CUANTAS PERSONAS TRABAJAN EN LA EMPRESA

En la empresa laboran 5 personas.

18. LOS EMPLEADOS CUENTAN CON LOS BENEFICIOS QUE ESTABLECE LA LEY DEL TRABAJADOR

SEGURO IESS:

DÉCIMOS:

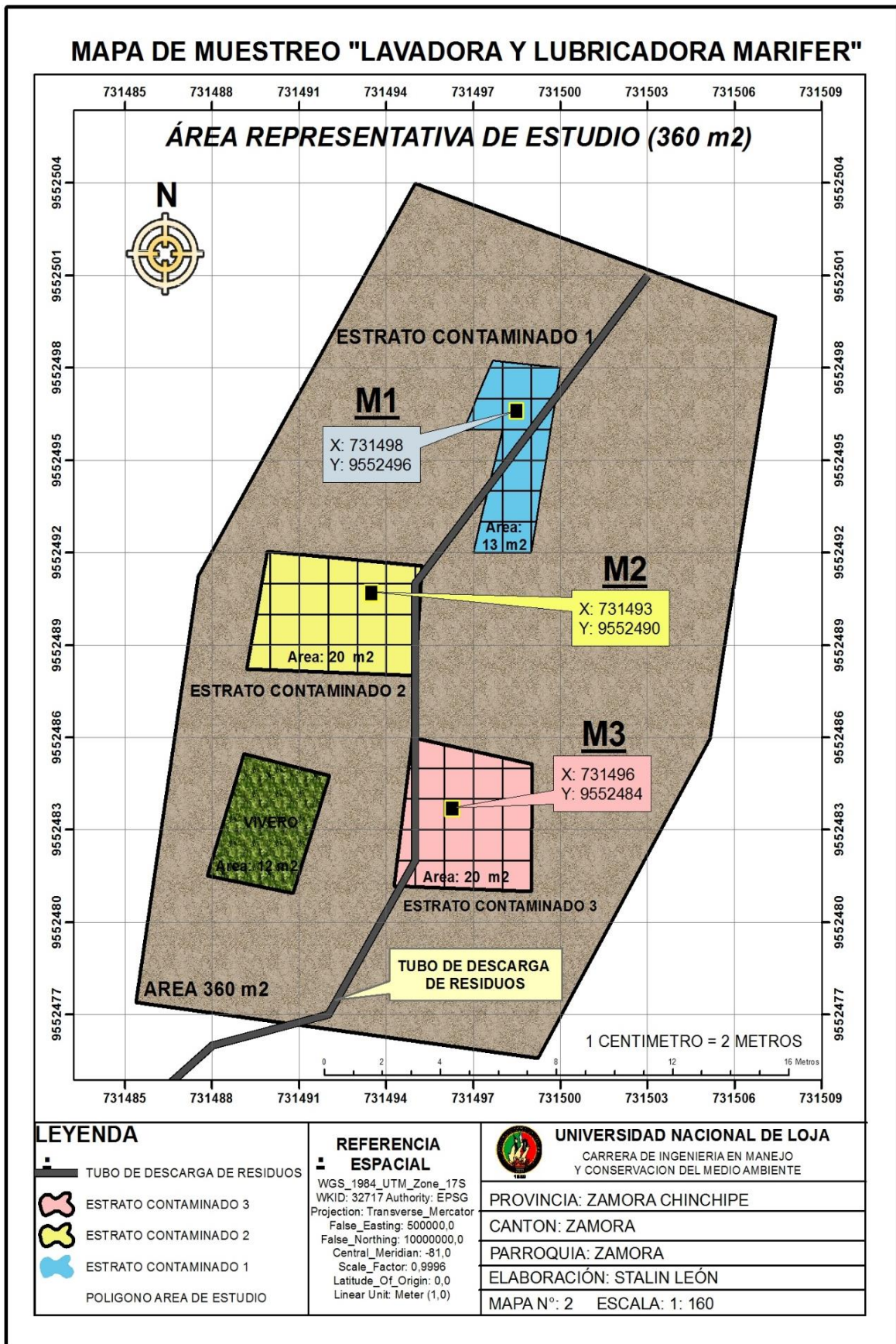
OTROS: [Vacaciones.](#)

19. SE ENCUENTRAN PROTEGIDAS CON EPP LAS PERSONAS QUE SE ENCARGAN DE REALIZAR LAS DIFERENTES ACTIVIDADES PRODUCTIVAS DE LA EMPRESA

SI

NO

11.2 Anexo 2. Mapa , estratos contaminados y muestreo de suelos



11.3 Anexo 3. Ficha técnica para la caracterización de suelos M1



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

AREA AGROPECUARIA DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

CARRERA: Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente

Sede-Zamora

Ficha técnica para caracterización de suelos

Provincia: Zamora Ch.

Parroquia: Zamora

Cantón: Zamora

Sector: Barrio Tunantza

Código:

0	0	0	0	M	1
---	---	---	---	---	---

Coordenadas UTM:

X	731498
Y	9552496

Altitud: 920 msnm

Condiciones climáticas: Invierno ()

Verano (x)

Cantidad de la muestra tomada (kg): 1 kg.

Profundidad de la toma de muestra (cm): 0 a 30 cm

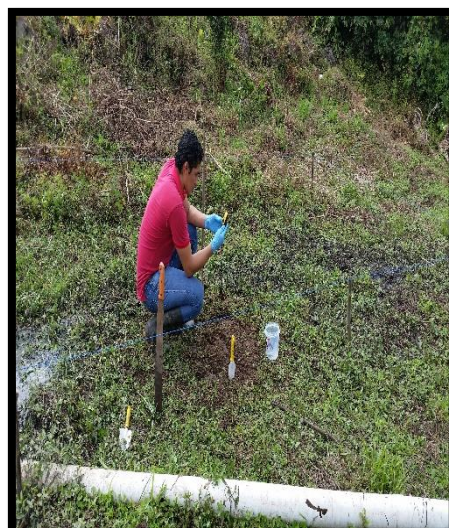
Textura: Franco.

Topografía: Regular.

Uso del suelo: Agrícola.

Descripción del lugar:

Foto



La topografía del lugar a muestrear es homogéneo con abundante vegetación principalmente herbáceas, el contaminante se observa a simple vista las condiciones climáticas fueron favorables para realizar la toma de muestras de suelo.

11.4 Anexo 4. Ficha técnica para la caracterización de suelos M2



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

AREA AGROPECUARIA DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

CARRERA: Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente

Sede-Zamora

Ficha técnica para caracterización de suelos

Provincia: Zamora Ch.

Parroquia: Zamora

Cantón: Zamora

Sector: Barrio Tunantza

Código:

0	0	0	0	M	2
---	---	---	---	---	---

Coordenadas UTM:

X	731493
Y	9552490

Altitud: 920 msnm

Condiciones climáticas: Invierno ()

Verano (x)

Cantidad de la muestra tomada (kg): 1 kg.

Profundidad de la toma de muestra (cm): 0

a 30 cm

Topografía: Franco.

Topografía: Regular.

Uso del suelo: Agrícola.

Descripción del lugar:

La topografía del lugar a muestrear es homogéneo con abundante vegetación principalmente herbáceas, el contaminante se observa a simple vista las condiciones climáticas fueron favorables para realizar la toma de muestras de suelo.

Foto



11.5 Anexo 5. Ficha técnica para la caracterización de suelos M3



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

AREA AGROPECUARIA DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

CARRERA: Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente

Sede-Zamora

Ficha técnica para caracterización de suelos

Provincia: Zamora Ch.

Parroquia: Zamora

Cantón: Zamora

Sector: Barrio Tunantza

Código:

0	0	0	0	M	3
---	---	---	---	---	---

Coordenadas UTM:

X	731496
Y	9552484

Altitud: 920 msnm

Condiciones climáticas: Invierno ()

Verano (x)

Cantidad de la muestra tomada (gr): 1 kg.

Profundidad de la toma de muestra (cm): 0 a
30 cm

Textura: Franco.

Topografía: Regular.

Uso del suelo: Agrícola.

Descripción del lugar:

La topografía del lugar a muestrear es homogéneo con abundante vegetación principalmente herbáceas, el contaminante se observa a simple vista las condiciones climáticas fueron favorables para realizar la toma de muestras de suelo.

Foto



N° DE ESPECIES VEGETALES		ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO			
		PRIMERA QUINCENA		SEGUNDA QUINCENA		TERCERA QUINCENA		CUARTA QUINCENA		QUINTA QUINCENA		SEXTA QUINCENA		SEPTIMA QUINCENA		OCTAVA QUINCENA	
		Altura en cm.	N° de hojas	N° de hojas con clorosis	Mortalidad en %	Altura en cm.	Número de hojas	N° de hojas con clorosis	Mortalidad en %	Altura en cm.	Número de hojas	N° de hojas con clorosis	Mortalidad en %	Altura en cm.	Número de hojas	N° de hojas con clorosis	Mortalidad en %
Tratamiento 2, <i>Repetición 1</i> Especie vegetal <i>Bidens pilosa</i> L.																	
Planta 7	Planta 6	Planta 5	Planta 4	Planta 3	Planta 2	Planta 1	41	22	10	0	48	31	14	0	55	40	20
41	40	43	41	44	41	40	43	23	8	0	45	32	15	0	49	40	22
22	23	25	19	21	18	16	25	9	9	0	50	18	15	0	57	27	21
10	8	9	5	6	4	7	9	0	0	0	49	28,5	10	0	57	38	14
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	51	30	0	0	61	39	16
48	45	50	49	50	51	54	50	50	50	50	54	30	11	0	57	39	16
31	32	18	28,5	30	27	25	18	28,5	10	9	27	27	10	0	57	27	14
14	15	15	10	11	9	12	15	10	9	0	9	12	0	0	61	27	14
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	61	27	14
55	49	57	57	57	61	68	57	57	57	57	61	68	57	57	61	61	17
40	40	27	38	39	27	34	27	38	38	27	34	34	38	27	61	27	14
20	22	21	14	16	14	17	21	14	14	0	14	17	14	0	57	38	14
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	61	38	14
61	54	64	64	63	71	82	64	64	64	64	71	82	64	64	64	71	17
49	49	36	47,5	48	36	43	36	47,5	48	36	43	43	47,5	36	64	36	17
27	30	27	18	21	19	22	27	18	18	19	22	22	18	19	64	19	17
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	64	19	17
68	58	71	72	70	81	96	71	72	72	81	96	96	72	81	71	81	17
55	58	45	57	57	45	52	45	57	57	45	52	52	57	45	71	45	17
32	37	33	23	26	24	27	33	23	23	24	27	27	23	24	71	24	17
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	71	24	17
75	63	79	80	76	91	111	79	80	80	91	111	111	80	91	61	91	17
64	67	54	66,5	66	54	61	54	66,5	66	54	61	61	66,5	54	61	54	17
39	44	40	28	31	29	32	40	28	31	29	32	32	28	29	61	29	17
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	61	29	17
82	68	86	88	83	101	124	86	88	83	101	124	124	88	101	61	101	17
73	76	63	76	75	63	70	63	76	75	63	70	70	63	63	61	63	17
46	51	47	33	36	34	37	47	33	36	34	37	37	33	34	61	34	17
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	61	34	17
90	73	93	96	89	111	138	93	96	89	111	138	138	96	111	61	111	17
77	85	79	84	84	77	75	79	84	84	77	75	75	84	77	61	77	17
49	58	47	43	45	39	42	47	43	45	39	42	42	43	39	61	39	17
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	61	39	17

11.7 Anexo 7. Etiqueta de la muestra.

ETIQUETA DE LA MUESTRA

Datos de la Muestra

Fecha..... **Código**.....

Coordenadas UTM X..... **Cantidad:**.....

Y.....

Responsable:.....

11.8 Anexo 8. Cadena de custodia


ENVIRONMENTAL SERVICES P.O. BOX 17-10-7332 - QUITO - ECUADOR **CADENA DE CUSTODIA Y REQUERIMIENTO DE ANÁLISIS**

Reportar a: Empresa: <u>Stalin León / Juan Rivas</u> Dirección: <u>Zamora</u> E-mail: <u>carlos89rr@yahoo.es</u> Contacto: <u>Stalin León / Juan Rivas</u> Teléfono: <u>0386761421</u> RUC: <u>1900642925 (Juan Rivas)</u>		Facturar a: Empresa: <u>Juan Rivas Rodriguez</u> Dirección: <u>Zamora</u> E-mail: _____ Contacto: _____ Teléfono: _____ RUC: <u>1900642925</u>		Requerimientos de Análisis Por favor anote los análisis requeridos o número de oferta												Uso de laboratorio Temperatura De Llegada °C Muestra sellada Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>							
Nombre del Responsable del muestreo: <u>Stalin León</u> Firma: <u>Juan Rivas</u>		Nombre de Proyecto: <u>Fitorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos</u>		Número de envases por muestra: <u>1</u>												No. Registro de Laboratorio							
Registro De Custodia		Enviado por: (Firma) <u>[Firma]</u>		Fecha <u>21/05/16</u> Hora <u>11:05</u>		Recibido por (Firma) <u>[Firma]</u>		Fecha <u>21/05/16</u> Hora <u>11:05</u>		Observaciones: <u>Resultados entregar por individual a nombre de Stalin León y Juan Rivas</u>												Fecha : _____ Hora: _____	
Enviado por: (Firma) _____		Fecha _____ Hora _____		Recibido por (Firma) _____		Fecha _____ Hora _____		El cliente acepta los términos y condiciones de Gruentec especificados en la oferta al entregar las muestras en el laboratorio.												No. Registro de Laboratorio _____			
Enviado por: (Firma) _____		Fecha _____ Hora _____		Recibido por (Firma) _____		Fecha _____ Hora _____		El cliente acepta los términos y condiciones de Gruentec especificados en la oferta al entregar las muestras en el laboratorio.												No. Registro de Laboratorio _____			


* Matriz AG- Agua S- Suelo VEG- Vegetal SD- Sólidos DS- Desechos CP- Cortes de perforación CD- Crudo FD- Alimentos RDO- Ruido EMI - Emisiones de fuentes fijas
 ** Container VOA - 40 ml vial A/G - Ambar / O Vidrio 1 Litro 250 ml - Vidrio boca ancha P/O - Plástico / otro

Pág. _____ de _____


11.9 Anexo 9. Análisis inicial de suelo de los estratos contaminados

 <p>Servicio de Acreditación Ecuatoriano Acreditación N° OAE L.E.C. 13-008 LABORATORIO DE ENSAYOS</p>	ANALÍTICA AVANZADA - ASESORÍA Y LABORATORIOS ANAVANLAB CIA. LTDA.		Muestra AAALab No: 4052-3 Pág 1 de 1			
	La Primavera I, Leonardo Da Vinci S6-236 y Alberto Durrero, Cumbayá. Contactos: 3550122 / 5143303 / servicioalcliente@aaalab.com.ec					
INFORME DE RESULTADOS No. 4052-3						
1.- DATOS GENERALES						
CLIENTE:	STALIN ALEXANDER LEON OCHOA	TELÉFONO:	02 606308			
DIRECCIÓN:	ZAMORA BARRIO SANTA ELENA	ATENCIÓN A:	Sr. Stalin León Ochoa			
2. INFORMACION DE LA MUESTRA						
TIPO DE MUESTRA:	SUELO	LUGAR DE MUESTREO:	POTENCIAL FITORREMIADOR			
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: (Dada por el cliente)	M1	FECHA DE MUESTREO:	11/05/2016			
FECHA DE RECEPCIÓN MUESTRA:	13/05/2016	RESPONSABLE DEL MUESTREO:	STALIN LEON OCHOA			
		PERÍODO DE REALIZACIÓN DE ANÁLISIS:	13/05/2016 al 26/05/2016			
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-A003 / AAA-PI-S001			
Se prohíbe su reproducción total o parcial sin autorización de ANAVANLAB CIA LTDA.						
4. OBSERVACIONES				INFORME APROBADO Y AUTORIZADO POR:		
Los ensayos de Materia Orgánica se han realizado en el Laboratorio de AGROCALIDAD				Lcda. Alejandra Hidalgo Gerente Técnica ANAVANLAB CIA. LTDA. Quito, 27 de septiembre del 2016.		
Resultado fuera de rango acreditado Plomo < 20 mg/L						
MC0703-03						

11.10 Anexo 10. Análisis final Tratamiento 1

 <p>Accreditación N° OAE L.E.C. 13-008 LABORATORIO DE ENSAYOS</p>	ANALÍTICA AVANZADA - ASESORÍA Y LABORATORIOS ANAVANLAB CIA. LTDA.			Muestra AAALab No: 4052-3 Pág 1 de 1		
	La Primavera I, Leonardo Da Vinci S6-236 y Alberto Durero, Cumbayá. Contactos: 3550122 / 5143303 / servicioalcliente@aalab.com.ec					
INFORME DE RESULTADOS No. 4052-3						
1.- DATOS GENERALES						
CLIENTE:	STALIN ALEXANDER LEON OCHOA			TELÉFONO:	0987072570	
DIRECCIÓN:	ZAMORA, calle Diego de Vaca y Luis Marquéz.			ATENCIÓN A:	Sr. Stalin León Ochoa	
2. INFORMACION DE LA MUESTRA	INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE MUESTREO:	POTENCIAL FITORREMIADOR		
TIPO DE MUESTRA:	SUELO		FECHA DE MUESTREO:	11/05/2016		
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: (Dada por el cliente)	M1		RESPONSABLE DEL MUESTREO:	STALIN LEON OCHOA		
FECHA DE RECEPCIÓN MUESTRA:	13/05/2016		PERÍODO DE REALIZACIÓN DE ANÁLISIS:	13/05/2016 al 26/05/2016		
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-A003 / AAA-PI-S001				
Se prohíbe su reproducción total o parcial sin autorización de ANAVANLAB CIA LTDA.						
4. OBSERVACIONES				INFORME APROBADO Y AUTORIZADO POR:		
Los ensayos de Materia Orgánica se han realizado en el Laboratorio de AGROCALIDAD Resultado fuera de rango acreditado Plomo < 20 mg/L				Lcda. Alejandra Hidalgo Gerente Técnica ANAVANLAB CIA. LTDA. Quito, 27 de septiembre del 2016		
MC0703-03						

11.11 Anexo 11. Análisis final Tratamiento 2

 <p>Accreditación N° OAE LE C 13-006 LABORATORIO DE ENSAYOS</p>	ANALÍTICA AVANZADA - ASESORÍA Y LABORATORIOS ANAVANLAB CIA. LTDA.				Muestra AAALab No: 4051-2 Pág 1 de 1	
	La Primavera I, Leonardo Da Vinci S6-236 y Alberto Durero, Cumbayá. Contactos: 3550122 / 5143303 / servicioalcliente@aalab.com.ec					
INFORME DE RESULTADOS No. 4051-2						
1.- DATOS GENERALES						
CLIENTE:	STALIN LEON OCHOA			TELÉFONO:	0987072570	
DIRECCIÓN:	Zamora, calle Diego de Vaca y Luis Márques. (hotel Heverlast)			ATENCIÓN A:	Sr. Stalin León Ochoa	
2. INFORMACION DE LA MUESTRA						
INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE		LUGAR DE MUESTREO:	POTENCIAL FITORREMIADOR		
TIPO DE MUESTRA:	SUELO		FECHA DE MUESTREO:	12/09/2016		
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: (Dada por el cliente)	M1 - T2 BIDENS PILOSA L		RESPONSABLE DEL MUESTREO:	STALIN LEON OCHOA		
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, ANEXO2, TABLA 2. CRITERIOS DE REMEDIACION USO SUELO INDUSTRIAL						
AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	VALORES DE NORMA	CUMPLIMIENTO
(*)	Aceites y Grasas	SM 5520 C	mg/kg	11439,6	4000,0	NO CUMPLE
(*)	Conductividad Eléctrica	EPA 9050A	uS/cm	65,5	400,0	CUMPLE
2	Materia Orgánica	Walkley y Black	%	7,71	NA	
1	pH	AAA-PE-S014	unid pH	6,6	6,0 - 8,0	CUMPLE
1	Plomo	AAA-PE-S011	mg/kg	< 20,0	150	CUMPLE
1	Hidrocarburos Totales de Petróleo	AAA-PE-S008	mg/kg	9361,3	620,0	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:		
Los ensayos de Materia Orgánica se han realizado en el Laboratorio de AGROCALIDAD				Lcda. Alejandra Hidalgo Gerente Técnica ANAVANLAB CIA. LTDA. Quito, 27 de septiembre del 2016		
MC0703-03						

11.12 Anexo 12. Productividad Agrícola en el Ecuador

Tabla 2: Superficie y Rendimientos Nacionales

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 Riñón (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

Rendimientos ajustados en base a exportaciones, producción y rendimientos de diversas fuentes (BCE, FEDAPALM, MAGAP)

*Variación del 2015 con respecto a 2014

*Variación del 2015 con respecto a 2013

* Proyecciones

12 ÍNDICE GENERAL

Índice de Contenido

1	TÍTULO.....	1
2	RESUMEN.....	2
2.1	Summary.....	4
3	introducción	5
4	REVISIÓN DE LITERATURA	8
4.1	El suelo como medio para el desarrollo de la vida.....	8
4.1.1	Suelo.....	8
4.1.2	Propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.	8
4.1.3	Estructura del suelo, textura y contenido de la materia orgánica.....	11
4.1.4	Temperatura.	12
4.1.5	Radiación solar.	12
4.1.6	El desgaste por la acción atmosférica.	12
4.2	Contaminación del suelo.....	13
4.2.1	Contaminación del suelo por hidrocarburos.....	14
4.3	Contaminación del suelo causado por la actividad de lavadoras de vehículos	14
4.3.1	Lavadoras de vehículos.	14
4.3.2	Concepto de lavadora de vehículos.....	15
4.4	Impactos negativos de las lavadoras	17

4.4.1	Aceites y lubricantes.	17
4.4.2	Propiedades de los aceites.	18
4.5	Efectos dañinos de los aceites.....	18
4.5.1	Efectos en el suelo.....	19
4.5.2	Efectos en la salud.....	19
4.5.3	Efectos en el medio ambiente.....	20
4.6	Hidrocarburos totales de petróleo (PTH)	21
4.7	Grasas y aceites	22
4.8	La fitorremediación como una alternativa para el tratamiento de los hidrocarburos en el suelo	23
4.8.1	Fitorremediación.	23
4.8.2	Tipos de fitorremediación.....	24
4.9	Mecanismos de la fitorremediación de los hidrocarburos del petróleo....	27
4.9.1	Degradación.....	27
4.9.2	Contención.....	30
4.9.3	Transferencia de los hidrocarburos del petróleo a la atmósfera.	31
4.10	Técnicas usadas para mejorar la fitorremediación.....	31
4.11	Fitorremediación vs. métodos tradicionales	32
4.12	Ventajas directas de la fitorremediación	33
4.13	Ventajas indirectas de la fitorremediación	33
4.14	Limitaciones de la fitorremediación.....	34
4.15	Costos de la fitorremediación.....	35

4.16	Especies vegetales utilizadas para el proceso de fitorremediación	35
4.16.1	Paspalum millegrana L.	35
4.16.2	Bidens pilosa L.....	37
4.17	Otros estudios realizados	40
4.17.1	Estudio 1.- Fitorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos de petróleo.	40
4.17.2	Estudio 2.- Evaluación de la tolerancia a suelos contaminados con aceite diésel en especies vegetales con potencial fitorremediador.	41
4.18	Marco legal favorable.....	43
4.18.1	Constitución Política de la República del Ecuador (2008).	43
4.18.2	Ley de Gestión Ambiental.....	43
4.18.3	Acuerdo Ministerial número 097.	44
5	MATERIALES Y MÉTODOS.....	51
5.1	Materiales	51
5.1.1	Materiales de campo.....	51
5.1.2	Materiales y equipos de oficina.....	51
5.2	Métodos	52
5.2.1	Ubicación política y geográfica del área de estudio.	52
5.2.2	Aspectos biofísicos y climáticos.....	52
5.2.3	Mapa de ubicación “Area de Estudio del Proyecto de Investigación”.	55
5.3	Tipo de investigación	56
5.4	Alcance del estudio.....	56

5.5	Enfoque del estudio	56
5.6	Planteamiento de hipótesis	56
5.7	Variables	56
5.7.1	Variable independiente.	56
5.7.2	Variable dependiente.	56
5.8	Población y muestra	57
5.9	Diseño estadístico.....	57
5.10	Metodología para evaluar el grado de contaminación que presenta el suelo por residuos de hidrocarburos provenientes de la Lavadora y Lubricadora MARIFER.....	57
5.10.1	Diagnóstico de campo y determinación de la actividad productiva de la lavadora y lubricadora Marifer.	58
5.10.2	Características del suelo.....	58
5.10.3	Protocolo de muestreo.....	59
5.11	Metodología para evaluar el potencial fitorremediador de las especies vegetales <i>Paspalum millegrana</i> L. y <i>Bidens pilosa</i> L. en el tratamiento de suelos contaminados por residuos de hidrocarburos provenientes de la lavadora y lubricadora Marifer	65
5.11.1	Delimitación del área de estudio.....	66
5.11.2	Desbroce de cobertura vegetal.....	66
5.11.3	Construcción de la infraestructura.....	67
5.11.4	Implementaciones tratamiento.....	69

5.11.5	Diseño experimental.	70
5.11.6	Obtención del suelo.	71
5.11.7	Preparación del suelo.	71
5.11.8	Obtención de las especies vegetales.....	73
5.11.9	Siembra de las especies vegetales.....	74
5.11.10	Adaptación de las especies vegetales.	75
5.11.11	Monitoreo de las especies vegetales.	76
5.11.12	Riego de las especies vegetales.....	77
5.11.13	Protocolo de muestreo de suelos de los dos tratamientos.....	78
6	RESULTADOS	80
6.1	Resultados del primer objetivo específico.....	80
6.1.1	Actividad productiva de la lavadora y lubricadora Marifer.....	80
6.1.2	Causas de la contaminación del terreno	84
6.1.3	Características del suelo.....	87
6.1.4	Determinación de los niveles de contaminación del suelo.....	89
6.2	Resultados del segundo objetivo específico	91
6.2.1	Seguimiento y monitoreo de las especies vegetales.	91
6.2.2	Resultados de los análisis de suelo al finalizar el ensayo.....	97
6.3	Desarrollo del método estadístico no paramétrico “Chi cuadrado (X ²)” para los parámetros establecidos.....	101
6.3.1	Realizar una conjetura.	102
6.3.2	Planteamiento de la hipótesis nula y la hipótesis alternativa.	102

		155
6.3.3	Calcular el valor del Chi-cuadrado.....	102
7	DISCUSIÓN.....	109
8	CONCLUSIONES.....	114
9	RECOMENDACIONES	116
10	BIBLIOGRAFÍA:.....	119
11	ANEXOS	130
11.1	Anexo 1. Encuesta para conocer el proceso productivo de la empresa	130
11.2	Anexo 2. Mapa , estratos contaminados y muestreo de suelos	136
11.3	Anexo 3. Ficha técnica para la caracterización de suelos M1.....	137
11.4	Anexo 4. Ficha técnica para la caracterización de suelos M2.....	138
11.5	Anexo 5. Ficha técnica para la caracterización de suelos M3.....	139
11.6	Anexo 6. Ficha de monitoreo de especies vegetales <i>Paspalum millegrana</i> L. y <i>Bidens pilosa</i> L.	140
11.7	Anexo 7. Etiqueta de la muestra.	144
11.8	Anexo 8. Cadena de custodia	145
11.9	Anexo 9. Análisis de suelo de los estratos contaminados	146
11.10	Anexo . Productividad Agrícola en el Ecuador	149
12	ÍNDICE GENERAL	150

Índice de Tablas

Tabla 1. Criterios de remediación (valores máximos permisibles).....	50
Tabla 2.- Recipientes, temperatura y conservación de muestras.....	65

Índice de Fotografías

Fotografía 1.- Especie vegetal <i>Paspalum millegrana</i> L.	36
Fotografía 2.- Especie vegetal <i>Bidens pilosa</i> L.	38
Fotografía 3.- Topografía regular del terreno.....	59
Fotografía 4.- uso del suelo agrícola.	59
Fotografía 5.- Contaminación a simple vista.....	60
Fotografía 6.- Toma de coordenadas UTM.	60
Fotografía 7.- Collage, Método de cuarteo.....	62
Fotografía 8.- Collage, toma de muestras.	64
Fotografía 9.- Delimitación del área de estudio.	66
Fotografía 10.- Desbroce de cobertura vegetal.	67
Fotografía 11.- Construcción de la infraestructura.	68
Fotografía 12.- Infraestructura del ensayo.	69
Fotografía 13.- Obtención del suelo.	71
Fotografía 14.- Tamizado del suelo.....	68
Fotografía 15.- Mullido del suelo.	72
Fotografía 16.- Preparación de las platabandas.....	73
Fotografía 17.- <i>Paspalum millegrana</i> L.....	74
Fotografía 18.- <i>Bidens pilosa</i> L.....	74

Fotografía 19.- Densidad de siembra.....	75
Fotografía 20.- Siembra especie <i>Bidens pilosa</i> L.....	75
Fotografía 21.- Fertilizantes foliares.....	76
Fotografía 22.- Riego de las especies vegetales.....	78
Fotografía 23.- Collage, actividad productiva de la empresa.....	82
Fotografía 24.- Collage, almacenamiento de residuos.....	84
Fotografía 25.- Collage, tratamiento de aguas residuales.....	86
Fotografía 26.- Collage, sistema de descarga de desechos de hidrocarburos.....	87
Fotografía 27.- Collage, producción agrícola.....	88

Índice de Figuras

Figura 1.- Fitorremediación de los contaminantes del suelo.....	24
Figura 2.- Esquema de la fitorremediación.....	26
Figura 3.- Monitoreo de la altura de la especie <i>Paspalum millegrana</i> L.....	93
Figura 4.- Monitoreo del número de hojas y clorosis de la especie <i>Paspalum millegrana</i> L.....	93
Figura 5.- Seguimiento y monitoreo de la especie <i>Bidens pilosa</i> L.....	96
Figura 6.- Comparación del Potencial de Hidrógeno con la línea base.....	98
Figura 7.- Comparación de la Conductividad Eléctrica con la línea base (Testigo).....	98
Figura 8.- Comparación de la Materia Orgánica con la línea base (Testigo).....	99

Figura 9.- Comparación de Aceites y Grasa con la línea base (Testigo).....100

Figura 10.- Comparación de Hidrocarburos Totales de Petróleo con la línea base (Testigo).....101

Índice de Mapas

Mapa 1.- Mapa de ubicación de la lavadora y lubricadora Marifer.....55

Mapa 2.- Mapa de identificación de los puntos de muestreo.....136

Índice de Gráficas

Grafica 1.- Ensayo experimental de las especies vegetales.....70

Gráfica 2.- proceso de producción de la empresa.....83

Índice de Cuadros

Cuadro 1.- Datos generales de la actividad productiva de la empresa.....80

Cuadro 2.- Datos generales de productividad de cultivos.....88

Cuadro 3.- Resultados de análisis de laboratorio (línea base).....89

Cuadro 4.- Seguimiento y monitoreo de la especie *Paspalum millegrana L.*.....92

Cuadro 5.- Seguimiento y monitoreo de la especie *Bidens pilosa L.*.....95

Cuadro 6.- Resultados de laboratorio al finalizar el ensayo.....97

Cuadro 7.- Frecuencias observadas en los tratamientos.....103

Cuadro 8.- Resultados de la suma de las frecuencias observadas.....103

Cuadro 9.- Resultados de las frecuencias esperadas (Fe).....104

Cuadro 10.- Resultados Chi-cuadrado (X²).....105

Cuadro 11.- Resultado del valor crítico.....	106
Cuadro 12.- Comparación entre el X2 calculado y el Valor Crítico (vc).....	107
Cuadro 13.- Costos de remediación de 6444.41 m ²	108