



**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA**  
**AMBIENTAL**

**REMOCIÓN DE TPH EN SUELOS CONTAMINADOS APLICANDO LA**  
**TÉCNICA DE FITORREMEDIACIÓN CON LA ESPECIE BRACHIARIA**  
**(*Brachiaria brizantha*) Y TRATAMIENTO A BASE DE ESTIÉRCOL**  
**(VACAZA), LIMA 2014**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO**  
**AMBIENTAL**

**AUTOR:**

**LÓPEZ MUÑOZ, SHIRLEY ALEXANDRA**

**ASESOR:**

**MAG. ING. AMANCIO GUZMÁN RODRIGUEZ**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

**INGENIERÍA DE CONSERVACIÓN Y PROTECCIÓN DE LOS RECURSOS**  
**NATURALES**

**LIMA-PERÙ**

**2014**

## **DEDICATORIA**

Principalmente dedico este documento tan importante en mi carrera profesional a Dios, por haber permitido este aún en esta vida terrenal y por haber hecho posible que mi familia forme parte de esta experiencia, en segundo lugar a mis padres por ser mi apoyo incondicional y haberme acompañado durante todo el proceso de desarrollo de este proyecto y a toda mi familia porque con tan solo existir y formar parte de mi vida me llenan de mucho amor y felicidad.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por sentirlo conmigo todos los días de mi vida, por darme la mejor familia, y haber ayudado a mis padres para que me pueda brindar la oportunidad de haber tomado una carrera universitaria y sobre todo por haberme dado la vida.

Un agradecimiento muy especial a mi Madre Liliana, por existir y ser mi ejemplo a seguir, por su cariño, paciencia, tenacidad y lucha insaciable.

Agradezco también a mi Padre Marco, por su sabiduría, por direccionarme siempre a seguir adelante, por sentirse preocupado en estos cinco años de carrera y por su apoyo moral y económico.

A mis hermanos Sandra, Marco y Camila que también forman parte de mis objetivos, son mi inspiración para salir adelante y transmitirles que todo lo bueno se consigue solo con esfuerzo.

A mi compañera, amiga y hermana Kristell, por su apoyo y acompañarme en cada momento importante en mi vida, gracias a ella pude aprender muchas cosas buenas.

A mis seres queridos que siempre estuvieron apoyándome desde mi niñez, gracias por ser mis amigos, cómplices y enseñarme siempre lo mejor de la vida.

A todas las personas que participaron en su desarrollo e hicieron posible el desarrollo de este proyecto, leyendo, opinando, comentando, acompañándome muchas gracias por su apoyo incondicional y enseñanzas.

## DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

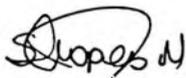
Yo, Shirley Alexandra López Muñoz, estudiante de la Escuela Académico profesional de Ingeniera Ambiental de la Universidad Cesar Vallejo, identificada con DNI 47217093, con la tesis titulada “Remoción de TPH en suelos contaminados aplicando la técnica de Fitorremediación con la especie *Brachiaria (Brachiaria brizantha)* y tratamiento a base de estiércol (vacaza), Lima, 2014.”

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis es de mi autoría.
2. He respetado las normas internacionales de cita y referencias para las fuentes consultadas. Por tanto no ha sido plagiada ni total ni parcialmente.
3. La tesis no ha sido autoplagiada; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por tanto los resultados en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De identificarse la falta de fraude, plagio, autoplagio, piratería, falsificación, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Cesar Vallejo.

Lima, 05 julio 2014



Shirley Alexandra López Muñoz

DNI: 47217093

## PRESENTACIÓN

La presente tesis de investigación está diseñada bajo una línea de investigación: Ingeniería de conservación y protección de los recursos naturales. Se estructura por siete capítulos secuenciales. En el primer capítulo, se plantea la base fundamental que dan inicio a la investigación, asimismo se hace mención de situaciones acontecidas en la realidad como resultado de las actividades humanas en el ambiente.

El objetivo central es la remoción de los hidrocarburos presentes en suelo contaminado y determinar el grado de variación del análisis inicial frente al análisis final y por último se busca poder plantear esta alternativa de solución a las organizaciones que en sus procesos involucren la utilización de hidrocarburos o productos derivados del petróleo.

A partir del segundo capítulo se ha diseñado la metodología que describe los procedimientos utilizados para alcanzar los objetivos regidos inicialmente y los últimos capítulos dan lugar a los resultados, discusión y conclusiones.

También incluye anexos con la finalidad de facilitar la comprensión del estudio de investigación así como tablas y gráficos complementarios a los resultados.

## ÍNDICE

CARÁTULA .....	i
DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD.....	iv
PRESENTACIÓN.....	v
ÍNDICE.....	vi
LISTA DE CUADROS.....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE GRÁFICOS .....	x
RESUMEN .....	xi
ABSTRACT.....	xii
I. INTRODUCCIÓN.....	01
Antecedentes.....	02
Fundamentación científica .....	04
Justificación.....	10
1.1. Problema .....	12
1.2. Hipótesis .....	12
1.3. Objetivos .....	13
II. MARCO METODOLÓGICO .....	14
2.1. Variables .....	14
2.2. Operacionalización de variables .....	14
2.3. Metodología.....	15
2.4. Tipos de estudio.....	27
2.5. Diseño .....	28
2.6. Población, muestra y muestreo.....	28

2.7. Técnica e instrumento de recolección de datos.....	34
2.8. Métodos de análisis de datos .....	35
III. RESULTADOS .....	37
IV. DISCUSIÓN .....	53
V. CONCLUSIONES.....	54
VI. RECOMENDACIONES.....	55
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	56

## ANEXOS

Resumen de análisis estadístico.....	58
Aspectos administrativos: Recursos y presupuestos .....	60
Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para suelo.....	61
Instrumentos de recolección de datos.....	64

## LISTA DE CUADROS

	N° Pág.
Tabla 01. Generalidades de la especie, <i>Brachiaria brizantha</i>	09
Tabla 02. Operacionalización de variables	14
Tabla 03. Distribución de tratamientos	29
Tabla 04. Métodos experimentales por tratamiento	31
Tabla 05. Concentraciones de TPH iniciales y finales de laboratorio	37
Tabla 06. Propiedades físicas del suelo como respuesta a la contaminación	43
Tabla 07. Variación de Temperatura del mes de marzo	44
Tabla 08. Variación de Temperatura del mes de abril	44
Tabla 09. Variación de Temperatura del mes de mayo	44
Tabla 10. Variación de pH del mes de marzo	46
Tabla 11. Variación de pH del mes de abril	46
Tabla 12. Variación de pH del mes de mayo	46
Tabla 13. Tratamiento experimentales	48
Tabla 14. Concentración inicial de TPH por tratamiento	48
Tabla 15. Concentración final de TPH por tratamiento	49
Tabla 16. Variación de la concentración de TPH en el suelo	50
Tabla 17. Promedio de reducción de TPH en el suelo	51
Tabla 18. Ranking de reducción	51

## LISTA DE FIGURAS

	N° Pág.
Fig. 01. Especie <i>Brachiaria brizantha</i>	08
Fig. 02. Vista de montaje de las parcelas demostrativas.	15
Fig. 03. Vista interna de montaje de las parcelas demostrativas.	16
Fig. 04. Superior: Parcelas demostrativas P1 y P2. Inferior: Parcelas demostrativas P3 y P4.	16
Fig. 05. Afirmando los bordes internos del anillo	18
Fig. 06. Vista interna del anillo	18
Fig. 07. El anillo recubierto con una envoltura plástica	19
Fig. 08. Adición de 444 ml de agua destilada	19
Fig. 09. Retiro de la bolsa plástica	20
Fig. 10. Infiltración del agua, primer ensayo	20
Fig. 11. Proceso de penetración del agua en el suelo, segundo ensayo	21
Fig. 12. Submuestra de suelo con 1/8 (30 ml) de agua destilada.	22
Fig. 13. Lectura de la conductividad Eléctrica	23
Fig. 14. Lectura de la conductividad en el recipiente de suelo mientras las partículas del suelo están en suspensión.	23
Fig. 15. Lectura de pH y temperatura.	24
Fig. 16. Buffer de pH 7.01 Hanna.	24
Fig. 17. Equipo multímetro Lutron YK-200 PH.	25
Fig. 18. Muestras de suelo de pre-tratamiento	26
Fig. 19. Muestras de suelo de post-tratamiento	27
Fig. 20. Distribución de las plantas, especie: <i>Brachiaria brizantha</i>	33
Fig. 21. Parcela 01 y 02, P1/T1: <i>Brachiaria brizantha</i> P2/T2: Estiércol (vacaza)	34
Fig. 22. Parcela 03, T3: <i>Brachiaria brizantha</i> + estiércol (vacaza)	34
Fig. 23. Parcelas demostrativas	62
Fig. 24. Ejecución de ensayos en campo	63

## LISTA DE GRÁFICOS

	N° Pág.
Gráfico 01. Temperaturas de suelo de los meses de marzo, abril y mayo	45
Gráfico 02. pH de suelo de los meses de marzo, abril y mayo	47
Gráfico 03. Variación de la concentración de hidrocarburos totales de petróleo en el suelo	50
Gráfico 04. Porcentaje de reducción de TPH	52

## RESUMEN

En la presente investigación se determinó la variación de la concentración de hidrocarburos presentes en el suelo empleando dos técnicas biorremediadoras: la Fitorremediación con la especie *Brachiaria brizantha* y Tratamiento a base de estiércol (Vacaza) con el objeto de remover los hidrocarburos presentes en el suelo, aprovechando sus capacidades para poder absorber, acumular, metabolizar, volatilizar o estabilizar los hidrocarburos.

La contaminación del suelo de estudio fue resultado de derrames accidentales, utilizando residuos de aceites y grasas pertenecientes a dos talleres mecánicos, ubicados en el distrito de Los Olivos.

Para realizar la remoción de hidrocarburos en el suelo se instaló 5 parcelas demostrativas a nivel de bioensayo, tres de ellas utilizadas para el desarrollo de las técnicas de remediación y dos utilizadas como patrones del comportamiento del suelo y de las plantas con y sin el contaminante.

En la metodología de estudio se empleó el modelo estadístico de diseño experimental ya que se llevará a cabo la investigación utilizando dos tratamientos biológicos para la remoción de los hidrocarburos en el suelo mencionados anteriormente.

En la técnica de Fitorremediación se utilizaron tanto las semillas y plantas de la especie *Brachiaria brizantha* que tuvieron un crecimiento en un periodo de 3 meses aproximadamente previo al experimento en condiciones normales que alcanzaron los 25 cm de altura promedio. El proceso de remoción en ambos tratamientos tuvo un periodo de tres meses aproximadamente en donde también se controlaron las propiedades físicas del suelo.

En cuanto a su temporalidad es transversal, ya que los datos se obtuvieron de 12 muestras tomadas del pre y post tratamiento durante el periodo que se realizó la investigación, las muestras de suelos contaminados con hidrocarburos fueron analizados en un laboratorio acreditado ECOLAB SRL.

De los resultados se concluyó que la técnica más eficiente fue el tratamiento T3: Suelo contaminado más la especie *Brachiaria brizantha* y se le adicionó el estiércol como fuente de nutrientes, obteniéndose un valor significativo a las demás técnicas de 5 105 mg de TPH/kg de suelo, el tratamiento T1 con un valor de 8 080 mg de TPH/kg de suelo y finalmente el tratamiento T3 se obtuvo un valor de 6 070 mg de TPH/kg de suelo.

## ABSTRACT

In this research, it has been determined the variations of the concentration of hydrocarbons that exist in the ground using two techniques of bioremediation the phytoremediation with the species *Brachiaria brizantha* and the treatment with manure (vacaza) in order to remove the hydrocarbons in the ground, using its capacity to absorb, accumulate, metabolize volatilize or stabilize the hydrocarbons

The pollution of the ground is a result of accidental spillages using toxic waste of oil from two mechanic workshops that are located in Los Olivos district.

To make the removal of hydrocarbons in the ground four demonstrative plots were installed as a trial and three of them were used for the development of the techniques and the ground and the plants performance with and without the pollutant in the method of operation the statistical and experimental patterns were used for the investigation using two organic techniques for the removal of the hydrocarbons in the ground.

In the first treatment of phytoremediation technique the seeds and plants of *Brachiaria brizantha* species were used they grew up for about 3 months before the experiment in good conditions and they got about 25 centimeters in height the seeds were put using the wind methods in the second technique about the manure treatment a dose of vacaza was used in all the *Brachiaria brizantha* species and manure. Also 100 milligrams of vacaza was put in each plant.

The removal process of the three treatments had a development process for about three months in which the physical characteristics were controlled. About its temporary is transversal because the information was gotten of 12 samples taken during the pre and post treatment in the investigation the sample of pollution grounds were analyzed in an accredited laboratory called Ecolab S.R.L.

With the results the most efficient technique was the T3 treatment. Pollution ground with the *Brachiaria brizantha* species and manure as nutrients getting a significant value to the other techniques of 5 105 mg of TPH/kg of ground the treatment T1 with a value of 8 080 mg of TPH/kg of ground and finally the treatment T2 got a value of 6 070 mg of TPH/kg of ground.