

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCÓⁱS

**(UNIVERSIDAD DEL PERÚ DECANA DE AMÉRICA)
ESCUELA DE POST GRADO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS, METALÚRGICA Y
GEOGRÁFICA**

UNIDAD DE POST GRADO



**BIORREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS
POR HIDROCARBUROS MEDIANTE COMPOST DE
ASERRÍN Y ESTIÉRCOLES**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAGISTER EN
GEOGRAFÍA MENCIÓN:
ORDENAMIENTO Y GESTIÓN AMBIENTAL**

Bach. Hildebrando Buendía Ríos

LIMA - PERÚ

ABRIL - 2012

DEDICATORIA

A mi asesor Dr. Carlos Cabrera Carranza y docentes de la escuela académica profesional de: Geografía, Minas, Geología e Ingeniería Geográfica por su apoyo y consejos sabios para la elaboración de la presente tesis.

A mis queridos estudiantes, para que les sirva de apoyo y guía en sus investigaciones futuras.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi querida esposa por su apoyo constante, y a mis hijos quienes son mi fuente de inspiración y superación personal y profesional.

INDICE GENERAL

	Nº	Pág.
CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN		1
1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA		1
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA		2
1.3. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA		2
1.4. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA		4
1.5. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA		4
1.6. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA		5
1.7. OBJETIVO		5
1.7.1. OBJETIVO GENERAL		5
1.7.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS		5
CAPITULO 2: MARCO TEORICO		6
2.1. MARCO EPISTEMOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN		6
2.2. ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN		7
2.3. BASES TEÓRICAS		10
2.3.1. HIDROCARBUROS		10
2.3.2. BIORREMEDIACION DE HIDROCARBUROS		15
2.3.3. BENEFICIOS DEL ESTIÉRCOL Y ASERRÍN		22
2.3.4. IMPORTANCIA DE LOS MICROORGANISMOS EN LA DESCOMPOSICIÓN DE MATERIA ORGÁNICA		24

2.3.5. FACTORES QUE INFLUYEN EN EL PROCESO DE DEGRADACIÓN DEL ESTIÉRCOL Y ASERRÍN	26
CAPITULO 3: METODOLOGÍA	29
3.1. HIPÓTESIS	29
3.2. VARIABLE DEPENDIENTE (V.D)	29
3.3. VARIABLE INDEPENDIENTE (V.I)	29
3.4. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	29
3.5. MATERIALES Y EQUIPOS UTILIZADOS EN EL EXPERIMENTO	29
3.5.1. MATERIALES	29
3.3.2. EQUIPOS	31
3.6. DESCRIPCIÓN DEL EXPERIMENTO	31
3.7. UBICACIÓN	31
3.8. MUESTREO DE SUELOS	32
3.9. DISTRIBUCION DEL DISEÑO EXPERIMENTAL (DCA)	34
3.10. DOSIFICACION DEL EXPERIMENTO	37
3.11. INSTALACIÓN DEL EXPERIMENTO	37
3.12. ESTIMADORES ESTADÍSTICOS	43
3.13. MEDICIÓN DE LAS VARIABLES DE LA PLANTA DE MAÍZ	44
3.14. PREPARACIÓN DE MUESTRAS DE LOS TRATAMIENTOS PARA EL ANÁLISIS SUELOS	44
CAPITULO 4: RESULTADOS Y DISCUSIONES	45
4.1. ANÁLISIS, INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	45

4.1.1. ANÁLISIS INICIAL DE LA CONCENTRACIÓN DE TPH	45
4.1.2. ANÁLISIS INICIAL DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO CONTAMINADO.	46
4.1.3. ANÁLISIS DE LA ALTURA DE LA PLANTA DE MAÍZ	46
4.1.4. ANÁLISIS DEL PESO SECO FOLIAR DE LA PLANTA DE MAÍZ	49
4.1.5. ANÁLISIS DEL PESO SECO RADICULAR DE LA PLANTA DE MAÍZ.	51
4.1.6. ANÁLISIS FINAL DE LA CONCENTRACIÓN DE TPH EN LOS TRATAMIENTOS	53
4.2. RESULTADOS FINALES	54
CAPITULO 5: IMPACTOS DE BIORREMEDIACION	59
5.1. PROPUESTA PARA LA BIORREMEDIACION DE SUELOS CONTAMINADOS A NIVEL DE PRUEBA PILOTO	59
5.2. COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA	61
5.3. BENEFICIOS QUE APORTA LA PROPUESTA	62
5.3.1. IMPACTOS POSITIVOS	62
5.3.2. IMPACTOS NEGATIVOS	63
CONCLUSIONES	64
RECOMENDACIONES	66
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67
ANEXOS	71

INDICE DE CUADROS

	N°	Pág.
CUADRO 01. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS TECNOLOGIAS DE REMEDIACION		09
CUADRO 02. VALORES ÓPTIMOS PARA EL PROCESO DE BIORREMEDIACION DE SUELOS		20
CUADRO 03. PLANTAS CON POTENCIAL PARA REDUCIR LA CONCENTRACIÓN DE HIDROCARBUROS EN LOS SUELOS		21
CUADRO 04. ORGANISMOS QUE INTERVIENEN EN EL PROCESO DE ESCOMPOSICION		25
CUADRO 05. CONDICIONES DESEABLES EN EL PROCESO DE DEGRADACIÓN DEL ESTIÉRCOL Y ASERRÍN		26
CUADRO 06. PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LOS ESTIERCOLES ORGÁNICOS		28
CUADRO 07. COMPOSICIÓN QUÍMICA Y RELACIÓN CARBONO-NITRÓGENO DE LOS ASERRINES UTILIZADOS EN EL BIOENSAYO		28
CUADRO 08. PRESENTACIÓN DE TRATAMIENTOS		37
CUADRO 09. COMBINACIÓN DE LOS 12 TRATAMIENTOS DEL EXPERIMENTO		38
CUADRO 10. RESULTADO DE LA CONCENTRACIÓN INICIAL DE TPH POR TRATAMIENTO		45
CUADRO 11. ANALISIS DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DEL SUELO		46
CUADRO 12. PROMEDIO DE ALTURA DE PLANTA (Cm) DE MAÍZ PARA LOS 12 TRATAMIENTOS		47
CUADRO 13. PRUEBA DE TUCKEY DE LOS DATOS DE ALTURA DE PLANTA DE MAÍZ PARA LOS 12 TRATAMIENTOS EVALUADOS		48
CUADRO 14. PROMEDIO DEL PESO SECO FOLIAR (gr) PARA LOS 12 TRATAMIENTOS EVALUADOS		49
CUADRO 15. PRUEBA DE TUCKEY DE LOS DATOS DEL PESO SECO FOLIAR DE LA PLANTA DE MAÍZ PARA LOS 12 TRATAMIENTOS EVALUADOS		50
CUADRO 16. PROMEDIO DEL PESO SECO RADICULAR (gr) DE LA PLANTA DE MAÍZ PARA LOS 12 TRATAMIENTOS EVALUADOS		51

CUADRO 17. PRUEBA DE TUCKEY DE LOS DATOS DEL PESO SECO RADICULAR (gr) DE LA PLANTA DE MAÍZ PARA LOS 12 TRATAMIENTOS EVALUADOS	52
CUADRO 18. RESULTADO DE LA CONCENTRACIÓN FINAL DE HIDROCARBUROS POR TRATAMIENTO	53
CUADRO 19. CONCENTRACIONES DE HIDROCARBUROS POR TRATAMIENTO Y PROMEDIOS DE ALTURA DE PLANTA, PESO SECO FOLIAR Y PESO SECO RADICULAR	54
CUADRO 20. CONCENTRACIONES DE TPH INICIAL Y FINAL PARA EL EXPERIMENTO Y PORCENTAJE DE REDUCCION DE TPH	57
CUADRO 21. RANKING DE REDUCCION	58
CUADRO 22. COSTO DE IMPLEMENTACION AL PRIMER AÑO	61
CUADRO 23. COSTO DE IMPLEMENTACION DEL AÑO 02 AL AÑO 05	62

INDICE DE FIGURAS

	N°	Pág.
FIGURA 01. PROCESO DE DESCOMPOSICION DE LA MATERIA ORGANICA		25
FIGURA 02. MAPA DEL COMPLEJO DE ALMACENAMIENTO DE PETROLEO DE LA REFINERIA LA PAMPILLA		32
FIGURA 03. AREA DE RECOLECCION DE MUESTRAS DE SUELOS CONTAMINADOS CON HIDROCARBUROS		33
FIGURA 04. RECOJO DE ESTIERCOL PARA EL EXPERIMENTO		34
FIGURA. 05. PREPARACION DE LOS TRATAMIENTOS DEL EXPERIMENTO		35
FIGURA. 06. DISTRIBUCIÓN DE TRATAMIENTOS DE ACUERDO AL DISEÑO COMPLETAMENTE AL AZAR		36
FIGURA 07. PLANO DE UBICACIÓN DEL TALLER DE FERTILIDAD DE SUELOS -UNALM		38
FIGURA 08. PRUEBA DE VIABILIDAD DE LA SEMILLA DE MAIZ		39
FIGURA 09. INSTALACIÓN DEL EXPERIMENTO CON LOS TRATAMIENTOS		40
FIGURA 10. RIEGO DE PLANTAS DE MAÍZ BAJO CONDICIONES NATURALES		41
FIGURA 11. CRECIMIENTO DE LA PLANTA DE MAÍZ A LOS 15 DÍAS, BAJO CONDICIONES NATURALES		41
FIGURA 12. CRECIMIENTO DE LA PLANTA DE MAÍZ A LOS 25 DÍAS, CONDICIONES NATURALES		42
FIGURA 13. CRECIMIENTO DE LA PLANTA DE MAÍZ A LOS 35 DÍAS, BAJO CONDICIONES NATURALES		42

INDICE DE GRÁFICOS

	Nº	Pág.
GRAFICO 01. DISTRIBUCIÓN DE LOS PRINCIPALES DERIVADOS DEL PETRÓLEO		12
GRAFICO 02. COMPOSICION VOLUMETRICA DE UN SUELO FRANCO		19
GRAFICO 03. PROCESO DE DEGRADACION DE UN HIDROCARBURO		20
GRAFICO 04. ALTURA PROMEDIA DE PLANTA (Cm)		47
GRAFICO 05. PESO SECO FOLIAR POR REPETICIONES (gr)		50
GRAFICO 06. PESO SECO RADICULAR POR REPETICIONES (gr)		52
GRAFICO 07. ALTURA PROMEDIO DEL MAIZ POR TRATAMIENTO		55
GRAFICO 08. PESO SECO FOLIAR PROMEDIO DEL MAIZ POR TRATAMIENTO		56
GRAFICO 09. PESO SECO RADICULAR PROMEDIO DEL MAIZ POR TRATAMIENTO		56
GRAFICO 09. RANKING DE REDUCCION POR TRATAMIENTO		58

RESUMEN

La biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos es una técnica que consiste en usar organismos vivos para el consumo de los hidrocarburos de petróleo en el suelo. Esta alternativa de bajo costo permite la recuperación de suelos contaminados con hidrocarburos de petróleo, reduciendo las concentraciones a niveles que no son tóxicos para las plantas (5000 mg/kg de suelo). Para confirmar o descartar la disminución de Hidrocarburos Totales de Petróleo de un suelo de la Refinería la Pampilla, ubicado en Carretera Ventanilla Km 25. Distrito, Ventanilla. Provincia, Callao. Se instaló el experimento a nivel de bioensayo, en el Laboratorio de Fertilidad de suelos de la Universidad Nacional Agraria la Molina, aplicándose el modelo estadístico de Diseño Experimental Completamente al Azar (DCA), con tres repeticiones y doce tratamientos sumando un total de 36 macetas experimentales, para lo cual se empleó estiércol y aserrines como sustrato a la planta indicadora de “maíz” *Zea mays*, L sembrados y controlados por un periodo de dos meses. Los resultados de la dosificación del suelo contaminado por hidrocarburos, estiércol y aserrín en promedio disminuyo 22.5 por ciento el contenido de hidrocarburos en el suelo empleando solo estiércol disminuyo solo 16.5 por ciento y usando solamente aserrines disminuyo 9.6 por ciento. Lo cual se ha corroborado y complementado con los resultados de la planta indicadora maíz, de las variables altura de la planta, peso seco foliar y peso seco radicular respectivamente.

Comparando los tratamientos del experimento el que mejor ha remediado los suelos fue el tratamiento (T3) suelo contaminado mas vacaza mas aserrín de bolaina, puesto que la concentración inicial de hidrocarburos totales de petróleo (TPH) fue de de 21.81 gr de TPH/kg de suelo, ha disminuido en 16.28 gr de TPH/kg de suelo, que representa una reducción del 25 por ciento. Siendo este tratamiento lo más recomendable a usar.

Palabras Clave: Biorremediacion, hidrocarburos, estiércol orgánico, aserrín.

SUMMARY

The biorremediacion of ground contaminated by hydrocarbons is a technique that consists of using alive organisms for the consumption of the hydrocarbons of petroleum on the ground. This alternative of low cost permits the recovery of ground contaminated with hydrocarbons of petroleum, reducing the concentrations to levels that are not toxic for the plants (5000 mg/kg of ground). To confirm or to rule out the decrease of Total Hydrocarbons of Petroleum of a ground of the Refinery "La Pampilla", located in "Km 25 highway Ventanilla", Province, "Callao".

The experiment to level was installed of biotest, in the ground Fertility Laboratory of the "Universidad Nacional Agraria la Molina", being applied the statistical model of Experimental Design Completely at random (DCA), with three repetitions and twelve processing adding a total of 36 experimental flowerpots, for which manure was employed and sawdust as substrate to the warning plant of "corn" *Zea mays*, L sown and controlled by a period Of two months.

The results of the dosage of the ground contaminated by hydrocarbons, manure and sawdust on the average I diminish 22,5 percent the content of hydrocarbons on the ground employing alone manure I diminish alone 16,5 percent and using only sawdust I diminish 9,6 percent. Which has been corroborated and complemented with the results of the plant warning corn, of the variable height of the plant, dry weight to number and dry weight radicular respectively.

Comparing the processing of the experiment the one that better has remedied the floors was the processing (T3) floor contaminated but "vacaza" but sawdust of "bolaina", since the initial concentration of total hydrocarbons of petroleum (TPH) was of 21,81 gr of TPH/kg of ground, has diminished in 16,28 gr of TPH/kg of ground, that represents a 25 percent reduction. Being this processing it but recommendable to use.

Keywords: Biorremediacion, hydrocarbons, organic manure, sawdust.