



Universidad Nacional
SAN LUIS GONZAGA



[Atribución 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0)

Esta licencia permite que otros distribuyan, mezclen, adapten y construyan sobre su trabajo, incluso comercialmente, siempre que le reconozcan la creación original. Esta es la licencia más complaciente que se ofrece. Recomendado para la máxima difusión y uso de materiales con licencia.

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA

EVALUACION DE ORIGINALIDAD

CONSTANCIA

El que suscribe, deja constancia que se ha realizado el análisis con el software de verificación de similitud al documento cuyo título es:

**“BIORREMEDIACIÓN EN SUELOS CONTAMINADOS POR
HIDROCARBUROS EN LA EMPRESA PLUSPETROL PERU CORPORATION
S.A. PERIODO 2018**

”

Presentado por:

JURADO PARIN CARMEN MERCEDES

ROL DE AUTORES del nivel PREGRADO de la Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria El resultado obtenido es PORCENTAJE DE SIMILITUD del 11% por el cual se otorga el calificativo de:

APROBADO,

Según Reglamento de Evaluación de la Originalidad

Se adjunta al presente el reporte de evaluación con el software de verificación de originalidad.

Ica, 20 de Octubre de 2021.

**UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA”
DE ICA**

FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA



TESIS

**BIORREMEDIACIÓN EN SUELOS CONTAMINADOS POR
HIDROCARBUROS EN LA EMPRESA PLUSPETROL PERU
CORPORATION S.A. PERIODO 2018**

PRESENTADO POR:

**JURADO PARIN CARMEN MERCEDES
LIRA BENDEZU MARIA DEL PILAR**

**ICA- PERU
2019**

INDICE

	PAG.
CARATULA	01
INDICE	02
INTRODUCCIÓN	04
RESUMEN	05

CAPITULO I MARCO GENERAL

1.1 Generalidades de la Tesis	06
1.1.1. Descripción de la realidad Problemática	06
1.1.2. Formulación del Problema Principal	06
1.2 Fundamentos teóricos de la Investigación	07
1.2.1. Antecedentes de la Investigación	07
1.2.2. Marco Legal	09
1.2.3. Marco Conceptual	10
1.2.4. Marco Teórico	11
1.2.4.01 Los Hidrocarburos y la Contaminación	11
1.2.4.02 Biorremediación	13
1.2.4.03 Diseño completo al Azar (DCA)	15
1.2.4.04 Maiz T-28 (Zea mays L. de la variedad marginal T-28)	15
1.2.4.05 Suelo	16
1.2.4.06 Biorremediación de Hidrocarburos	16
1.2.4.07 Bacterias y Hongos	17
1.2.4.08 Factores del Proceso de biorremediación	17
1.2.4.09 Tasa de Biodegradación	18
1.2.4.10 Especies Nativas como reductoras de la concentración de hidrocarburos de suelos	19
1.2.4.11 Beneficios del estiércol y aserrín	21
1.2.4.12 Importancia de los microorganismos en la descomposición de materia orgánica.	22
1.3 Objetivo de la Investigación	23
1.3.1. Justificación e importancia	23
1.3.2. Objetivo Principal y específicos	24
1.3.3. Hipótesis y Variables	25
1.3.3.1 Variables e indicadores	25

CAPITULO II MATERIALES Y METODOS

2.1. Material, equipo y Reactivos Químicos	27
2.2. Metodología	28
2.2.1 Población y muestra	29
2.2.2 Diseño a utilizar en el estudio	30
2.2.3 Métodos y Técnicas de investigación	30
2.2.4 Técnicas de recolección de datos	31
2.3. Tratamientos de datos	32

CAPITULO III RESULTADOS

3.1. Resultados Finales	34
3.2. Propuesta para la biorremediación de suelos contaminados a nivel de prueba piloto.	38

CAPITULO IV ANALISIS E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS

4.1. Análisis inicial de la concentración de TPH	40
4.2. Análisis inicial de las propiedades físicas y químicas del suelo contaminado según sus parámetros.	40
4.3. Análisis de la altura de la planta de maíz	41
4.3.1. Interpretación de altura de planta	42
4.4. Análisis del peso seco foliar de la planta de maíz	43
4.4.1. Interpretación del peso seco foliar (gr)	44
4.5. Análisis del peso seco radicular de la planta de maíz	44
4.5.1. Interpretación del peso seco radicular	46
4.5.2. Discusión sobre el peso seco radicular	46
4.6. Análisis final de la concertación de TPH en los tratamientos	47

CONCLUSIONES	48
--------------	----

RECOMENDACIONES	50
-----------------	----

BIBLIOGRAFIA	51
--------------	----

ANEXOS	54
Resumen de análisis estadístico	

INTRODUCCIÓN

En el Perú los problemas de suelos contaminados, no existe estadística oficial de la ubicación y extensión de áreas afectadas ni disposición adecuada de los productos y residuos de la industria del petróleo, a pesar de la álgida y ardua tarea del Ministerio de Energía y Minas, autoridad ambiental competente para las actividades petroleras en nuestro país. El presente proyecto de investigación BIORREMEDIACIÓN EN SUELOS CONTAMINADOS POR HIDROCARBUROS EN LA EMPRESA PLUSPETROL PERU CORPORATION S.A. PERIODO 2018.

En el capítulo 1.- Marco General, la generalidades de la Investigación estableciendo la descripción de la problemática, plantearnos el problema Principal de la investigación, y luego formularlo, revisaremos antecedentes Internacionales, Nacionales y locales de similares investigaciones así como su marco Conceptual, Teórico, tomando como punto de partida dimos inicio a este trabajo planteándonos objetivos la hipótesis, con las variables e indicadores revisando los distintos contextos en que se desarrolla el proyecto concluimos el capítulo con una justificación de índole personal con la importancia del mismo.

En el Capítulo 2.- Materiales y Métodos, se tomara en cuenta los materiales, equipo y Reactivos Químicos que se requieren para la investigación, aplicándose el modelo estadístico de Diseño Experimental Completamente al Azar (DCA), tomándose la Población y muestra para poder determinar la descripción del diseño a utilizar los métodos y técnicas en el proceso experimental para ello se tendrá que utilizar las técnicas de recolección de datos y su tratamiento de los mismos.

En el capítulo 3.- Resultados y Propuesta para la biorremediación de suelos contaminados a nivel de prueba piloto.

En el capítulo 4.- el Análisis e interpretación de los resultados: el Análisis inicial de la concentración de TPH, de las propiedades físicas y químicas del suelo contaminado, la altura de la planta de maíz y del peso seco radicular de la planta de maíz. Finalmente las conclusiones y terminamos con las recomendaciones, junto con la bibliografía.

RESUMEN

Este estudio sobre biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos; técnica trata de usar organismos vivos para el consumo de los hidrocarburos de petróleo en el suelo.

Alternativa de bajo costo permitiendo la recuperación de suelos contaminados con hidrocarburos de petróleo, objetivo confirmar o descartar la reducción de Hidrocarburos Totales de Petróleo de un suelo de la Empresa PLUSPETROL PERU CORPORATION S.A. planta de fraccionamiento (carretera Paracas al puerto) Ica - Pisco - Paracas, PR. S.PRODUCTIVA. el experimento fue nivel de bioensayo, en el Laboratorio la Facultad de Agronomía de la UNICA, usando el modelo estadístico de Diseño Experimental Completamente al Azar (DCA), tres repeticiones y doce tratamientos = 36 macetas experimentales, se empleó estiércol y aserrines como sustrato a la planta indicadora de "maíz" (*Zea mays* L.), L sembrados y controlados con un tiempo de 2 meses. La dosis del suelo contaminado por hidrocarburos, estiércol y aserrín se redujo 22.5 % el contenido de hidrocarburos en el suelo usando solo estiércol se redujo = 16.5 % y usando solamente aserrines disminuyo 9.6 %. Corroborando y complementando los resultados de la planta indicadora maíz, de las variables altura de la planta, peso seco foliar y peso seco radicular. Comparando los tratamientos del experimento el que mejor ha remediado los suelos fue el tratamiento (T3) suelo contaminado + vacaza, + aserrín de bolaina, siendo la concentración inicial de hidrocarburos totales de petróleo (TPH) = 21.81 gr de TPH/kg de suelo, ha reducido = 16.28 gr de TPH/kg de suelo, que representa una disminución= 25 por ciento. Siendo este tratamiento recomendable a usar.

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

CAPITULO I

FUNDAMENTACION DE LA INVESTIGACION

1.1. Generalidades de la Tesis

1.1.1. Descripción de la realidad Problemática

En el Mundo y en el Perú existen refinerías de petróleo produciendo compuestos derivados que son transportados para diferentes actividades industriales (grifos, cisternas y otros), contaminando el suelo y a pesar de los cuidados en su manejo y almacenamiento, siempre hay la posibilidad que los compuestos ingresen al suelo en cantidades, superando el 5 % establecido por el Ministerio de Energía y Minas.

En el Perú no existe datos estadística oficial sobre el lugar y extensión de áreas afectadas y disposición adecuada de los productos y residuos de la indust., del petróleo, a pesar de la álgida y ardua tarea del Ministerio de Energía y Minas, autoridad ambiental competente para las actividades petroleras en nuestro país.

Se requiere a este problema urgente la remediación con tecnologías de bajo costo y de fácil acceso y evitando la contaminación de las aguas subterráneas los suelos contaminados con hidrocarburos según el Ministerio de Energía y Minas.

Por lo expuesto, es importante estudiar las técnicas y métodos para la remediación de suelos contaminados por hidrocarburos.

El proyecto de investigación trata sobre el “BIORREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON HIDROCARBUROS EN LA EMPRESA PLUSPETROL PERU CORPORATION S.A. PERIODO 2018” por lo tanto el proceso de Biorremediación, Es tecnología utilizando el potencial metabólico de los microorganismos (bacterias, hongos y levaduras).

1.1.2. Formulación del Problema Principal

De allí la necesidad de realizar estudios para determinar un procedimiento adecuado y mitigar los daños causados por la

contaminación de Hidrocarburos en los suelos se recoge el problema y nos planteamos

Problema Principal

¿En qué medida la aplicación de la biorremediación recuperara los suelos contaminados con hidrocarburos?

Problema Específico

1. ¿Cuáles son las variaciones del crecimiento de maíz (*Zea mays.L*) con diferentes tratamientos?
2. ¿Cuál es la concentración de hidrocarburos en el suelo después de del cultivo con maíz (*Zea mays.L*)?

1.2. Fundamentos Teóricos de la Investigación

1.2.1. Antecedentes de la Investigación

Internacionales

María Gabriela Rossi, El propósito la investigación es la evaluación y propuestas de remediación para suelos contaminados con metales pesados e hidrocarburos de procedencia industrial se realizó en una empresa ubicada en Ciudad Juárez, Chihuahua, dedicada a la producción de ácido fluorhídrico, además de subproductos como mono y bifluoruro de amonio, la que utiliza materias primas tales como ácido sulfúrico, amoníaco y fluorita de origen mineral. Debido a manchas de diesel observadas en el suelo durante una evaluación ambiental in situ y a la existencia de un montículo de anhídrita como desecho industrial, se supuso la existencia de contaminación del suelo como consecuencia de su actividad, además de la causada por las posibles fugas en lugares donde se manipulaban y se almacenaban hidrocarburos. Se realizó un "Estudio de Afectación de Suelos" en el lugar, en Julio de 1997, pero estos estudios se hicieron hasta una profundidad limitada (7,6 m), además de ser limitados también en cuanto a la cantidad de especies químicas analizadas, por lo que fue necesario ampliarlo con un estudio complementario. Para efectuar el estudio complementario se realizaron sondeos en algunos sectores, hasta alcanzar el nivel del agua subterránea, se sondearon zonas que no habían sido estudiadas

previamente y, por último, se analizó la presencia de sustancias químicas que no habían sido analizadas. Además se estudió la estratificación del suelo. Muchas veces la cantidad de contaminantes detectados puede ser excesiva y, sin embargo, a menudo sólo unos pocos de éstos provocan riesgos a la salud. El resto de los contaminantes detectados tienen una mínima influencia en el riesgo total.

Por este motivo se realizó un análisis minucioso de los potenciales efectos para la salud causados por cada una de las sustancias químicas presentes en el sitio de estudio, de acuerdo al siguiente procedimiento:

- Se determinó qué sustancias químicas están presentes como contaminantes y cuáles están presentes como componentes del suelo nativo mediante:
 - Comparación entre muestras del sitio en estudio y muestras del suelo nativo sin contaminar,
 - Comparación de las sustancias químicas presentes en el suelo con las que se encuentran en los depósitos de minerales adyacentes.
- Se estudiaron las rutas de exposición de cada contaminante y su toxicidad específica.
- Se calculó la toxicidad equivalente de cada contaminante.
- Se seleccionaron los contaminantes significativos.
- Se evaluaron los efectos aditivos de los contaminantes no significativos/ para poder estimar los riesgos a la salud en los casos en que se hallaron presentes dos o más contaminantes.

Una vez conocidos los contaminantes presentes en los suelos del área estudiada, también se caracterizó la extensión de la contaminación del lugar. En base a la estimación de los potenciales riesgos para la salud y para el medio ambiente, provocados por dichos contaminantes, se identificaron los niveles de remediación que deben alcanzarse, con el fin de proteger tanto la salud humana como el medio ambiente. Por último, se evaluaron las distintas técnicas de remediación existentes

para cada contaminante, y se propusieron las técnicas a utilizar en base a:

- Factibilidad de la alternativa propuesta para la remediación de los contaminantes presentes.
- Nivel de remediación que sea posible alcanzar mediante las alternativas propuestas, en comparación con el nuevo uso del suelo y de la propiedad
- Tiempo que tomará la remediación, según las distintas alternativas
- Costo de las distintas alternativas
- Compatibilidad de las opciones con las características regionales.

Nacionales

Hildebrando Buendía R, El propósito del estudio es descartar la reducción de Hidrocarburos Totales de Petróleo de un suelo de la Refinería la Pampilla, Se instaló el experimento a nivel de bioensayo, utilizando el modelo estadístico de Diseño Experimental Completamente al Azar (DCA), Dando como resultados: estiércol y aserrín en promedio disminuyó 22.5% el contenido de hidrocarburos en el suelo, empleando solo estiércol disminuyó 16.5% y usando solamente aserrines disminuyó 9.6%. El que mejor remediado los suelos fue el tratamiento (T3) suelo contaminado más vacaza más aserrín de bolaina, puesto que la concentración inicial de hidrocarburos totales de petróleo (TPH) fue de 21.81 gr de TPH/kg de suelo, ha reducido = 16.28 gr de TPH/kg de suelo, que representa una disminución del 25%. Siendo este tratamiento lo más recomendable a usar.

Local

No existe investigación sobre el tema de tesis.

1.2.2. Marco Legal

- D.S. 053-99-EM del 28 de setiembre de 1999.
- Ley 26221, Ley Orgánica de Hidrocarburos del 13 de agosto de 1993, y sus normas modificatorias (Ley 26734 del 31/12/96 y Ley del 07/12/2000).

- D.S. 046-93-EM Reglamento de Protección Ambiental de las Actividades de Hidrocarburos. (12)11/93) y normas modificatorias (D.S. 009-95-EM del 13/05/95, D.S. 053-99-EM del 27/09/99 y D.S. 003-2002- EM del 27/01/02).
- D.S. 043-2007-EM Reglamento de Seguridad para las Actividades de hidrocarburos
- D.S 052-93-EM Ley y Reglamento de Almacenamiento de Hidrocarburos
- Ley 26842 - Ley General de Salud
- Ley 28611 - Ley General del Ambiente
- Ley 27614 - Ley General de Residuos Sólidos
- Ley 23407 Ley General de Industrias.

1.2.3. **Marco Conceptual**

Biorremediación

Es una tecnología que utiliza el potencial metabólico de los microorganismos (fundamentalmente bacterias, hongos y levaduras) para transformar contaminantes orgánicos en compuestos más simples poco o nada contaminantes y por tanto, se puede utilizar para limpiar terrenos o aguas contaminadas (Glazer y Nikaido, 1995).

Contaminación.

Es la alteración ocasionada por el hombre o inducida por él a la integridad física, biológica, química y radiológica del medio ambiente.

Estándar de Calidad Ambiental – ECA:

Establece el nivel de concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el agua, en su condición de cuerpo receptor, sin riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente.

Hidrocarburos. Espinoza, (2011). Compuestos orgánicos formados por átomos de C y H. La estructura molecular es un armazón de átomos de C a los que se unen los átomos de H.

Impacto ambiental- El concepto de Impacto Ambiental refiere al efecto

producido por una acción humana sobre el medio ambiente en sus diferentes aspectos, en términos más técnicos, podríamos decir que el impacto ambiental es aquella alteración de la línea de base como consecuencia de la acción antrópica o de eventos de tipo natural.

Límite Máximo Permisible – LMP:

Concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente, excedida causa daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente.

Suelo.- Sistema estructurado, biológicamente activo, que tiende a desarrollarse en la superficie de las tierras emergidas por la influencia de la intemperie y de los seres vivos. El suelo constituye la interfaz entre la tierra, el aire y el agua, lo que le confiere la capacidad de desempeñar tanto funciones naturales como de uso antropogénico

1.2.4. Marco Teórico

1.2.4.1. Los Hidrocarburos y la Contaminación

La contaminación con hidrocarburos en diferentes ecosistemas se ha incrementado en los últimos años debido al aumento en la actividad de exploración y producción de la Industria Petrolera. En la actualidad los suelos contaminados con estos compuestos representan el 70 % del total de los ecosistemas impactados.

Los derrames de petróleo y sus derivados son considerados de gran impacto al ambiente por los nefastos daños que ocasionan en los ecosistemas impactados. Las investigaciones relacionadas con la biorremediación como alternativa eficiente para la recuperación de los mismos cobran cada vez mayor importancia.

Las huellas más evidentes que se encuentran en toda la tierra donde se ha dado extracción de petróleo, frecuentemente ocasionadas por accidentes en tanques de almacenamiento o en oleoductos. Sin embargo los accidentes que son los acontecimientos notorios no son las únicas fuentes de contaminación o degradación del medio, ni siquiera las más importantes.

Los ecosistemas en su mayoría han sido afectados por la exploración y explotación de hidrocarburos cuentan con formas de vida muy diversas y complejas. Todas las actividades que están envueltas en la exploración y explotación del petróleo siempre provocan impactos negativos sobre el medio ambiente y sobre las personas que lo usan o que están en contacto con él.

La emisión de hidrocarburos proviene de una variedad de fuentes, tanto naturales como antropogénicas. Entre estas últimas, los vehículos son los más importantes seguidos de los disolventes y las industrias de petróleo, alimentación y química orgánica. También son emitidos por fuentes estacionarias que utilizan gas natural, carbón o gasóleo para su funcionamiento, en las refinerías de petróleo. Otras fuentes de emisión son las quemas agrícolas, surtidores de gasolina, incendios forestales y ganados

A. Formas de contaminación por la operación petrolera

La operación sísmica. Usada en la etapa de exploración, consta en medición de ondas de resonancia producidas por la detonación de cargas de dinamita. Quedando completamente llena de agujeros dinamitados.

La fase exploración. En este proceso se usan lodos químicos, teniendo contaminantes en alto porcentaje, para la penetración en el terreno de los taladros que deben ser enfriados constantemente con agua, se construyen piscinas para depositar las aguas acidas y los lodos contaminados que salen junto con el petróleo. Alterando el equilibrio natural.

La fase de extracción. Cuando alguno de los pozos exploratorios toca un yacimiento. Sea en mar o tierra alteran el ambiente natural y lo contaminan.

El transporte. Sucede después de la extracción del crudo. El transporte del crudo etapas riesgosas y costosas en destrucción ambiental. Desde el transporta el crudo masivamente, son millones

de barriles que se han derramado en zonas selváticas, ríos, lagos y mares. Por lo tanto un manejo inadecuado de dicha fuente energética puede causar problemas de gran envergadura socio-ambiental.

B. Causas de derrames por la actividad petrolera

Los derrames de petróleos constituyen un grave problema se ponen de presente necesidad de llevar con continuidad una política de desarrollo sostenible que eviten que este tipo de desastres se vuelvan una pesadilla futura. En estos eventos la contaminación puede tener una fuente o varias causas que participan de una forma determinante al desastre contaminador o complicar el problema por los elementos o desechos que de forma independiente no tienen carácter contaminador, pero que por combinación o adición con las fuentes procedentes de la misma u otras, llegan a contaminar. Las causas frecuentes de contaminación en la industria petrolera por transporte por medio de tubería u oleoducto, son:

Falla operacional., Por un desajuste o asincronismo en la actividad normal de operación de un oleoducto, un poliducto o estación, puede ser con la manipulación de los instrumentos o en la parte operativa por parte de los operadores, que ocasiona una sobrepresión de la línea de transporte.

Fatiga de Materiales. El inadecuado mantenimiento de las instalaciones, llámese tubo, pozo o múltiple abastecimiento, provocando un pittinges, un agujero por el cual se genera una fuga del líquido. Cuando un derrame es provocado por la acción dolosa de un tercero, en dicho caso es habitual que el origen del mismo se pueda dar por: hurto o acto terrorista.

1.2.4.2. Biorremediación

Consiste en el uso de microorganismos naturales (enzimas, levaduras, hongos, o bacterias) para descomponer o degradar sustancias peligrosas en otras menos tóxicas o que no sean tóxicas. Los

microorganismos, igual que los seres humanos, comen y digieren sustancias orgánicas, de las cuales obtienen nutrientes y energía. Esta técnica puede llegar a ser la mejor opción a las anteriores debido a que es 100% natural, de bajo costo y menos agresiva hacia la naturaleza. como:

- PH inadecuado.
- Falta de nutrientes (N, P, K, S u otros elementos traza).
- Condiciones de humedad inadecuadas.
- Falta de oxígeno u otro receptor de electrones
- Productos tóxicos para los microorganismos.
- microorganismos inadecuada (tipos y concentración)

Los factores que afectan directamente a la biodegradación son:

- Microorganismos
- Contaminantes: índice de refractariedad (IR) $IR = DBO5/DQOT$
- El medio: contenido en agua, concentración de oxígeno, niveles de nutrientes, ph del suelo, temperatura, solubilidad de los contaminantes, fenómenos de adsorción.
- Temperatura

La biorremediación está basada en la capacidad que tienen los microorganismos de crecer a partir de la utilización de sustancias recalcitrantes al medio ambiente. Algunos de ellos son capaces de degradar estos compuestos hasta dióxido de carbono, sales, agua y otros productos inocuos al medio ambiente (Advanced BioTech, 2000) los cuales se integran posteriormente a los ciclos biogeoquímicos naturales. Esta técnica permite tratar grandes volúmenes de contaminantes con un impacto ambiental mínimo, a diferencia de otros procedimientos de descontaminación.

La biorremediación puede ser aplicada “in situ” o “ex situ”. Las tecnologías “in situ” se refieren a las que se aplican en el área a tratar, mientras que en las “ex situ” los productos son aplicados al material contaminado donde pueda ser tratado. Los procesos de biorremediación clasifican en técnicas de bioestimulación y bioaumentación.

1.2.4.3. Diseño Completo al Azar (DCA)

Es el diseño simple y sencillo de realizar, en el los tratamientos se asignan al azar entre las unidades experimentales (UE) o viceversa. Este diseño tiene amplia aplicación cuando las unidades experimentales son muy homogéneas, es decir, la mayoría de los factores actúan por igual entre las unidades experimentales.

Esta situación se presenta en los experimentos de laboratorio donde casi todos los factores están controlados. También en ensayos clínicos y en experimentos industriales. En ensayos de invernaderos es muy útil, ha sido ampliamente utilizado en experimentos agrícolas.

La homogeneidad de las unidades experimentales puede lograrse ejerciendo un control local apropiado (seleccionando, por ejemplo, sujetos, animales o plantas de un misma edad, raza, variedad o especie). Pero debe tenerse presente que todo material biológico, por homogéneo que sea, presenta una cierta fluctuación cuyos factores no se conocen y son por lo tanto incontrolables

1.2.4.4. Maíz T-28 (Zea mays L. de la variedad Marginal. T-28.)

MARGINAL 28-T: La variedad es un compuesto que resulta del cruzamiento inter o intra - poblacional de cultivares de cultivares ACROSS 7725, FERKE 7928, LA MÁQUINA 7928, provenientes del CIMMYT mejorada y adaptada por el INIA a las condiciones de selva y costa norte del Perú. La floración se produce entre 53 a 60 días después de la siembra con un periodo vegetativo de 120 días. La producción experimental llega a 8000 Kg/ha y comercialmente de 4000 Kg/ha con una fertilización de 160- 90-0. La altura de planta es 2.00 a 2.20 m y una altura de mazorca de 1.00 a 1.10 y densidad de siembra de 70 000 a 75 000 plantas/ha. Además es una variedad resistente al acame y tolerante a la sequía, así como a roya y el carbón.



Fuente: (Boletín IN/A- HUARAL 1997)

1.2.4.5. Suelo

Los suelos proporcionan soporte físico y nutriente para el crecimiento de las plantas y los microorganismos. Existe una gran variedad de microorganismos (bacterias, actinomicetos, hongos, algas y protozoos) que casi siempre están presentes en ellos, aunque las densidades de población de las mismas varían ampliamente. La superficie de los suelos constituye el lugar donde se producen la mayoría de las reacciones bioquímicas pertenecientes al ciclo de la materia orgánica, el nitrógeno y otros minerales, a la meteorización de las rocas y a la toma de nutrientes por parte de las plantas (Alexander, 1991).

Las propiedades físicas y químicas de los suelos influyen en gran manera sobre la aireación, la disponibilidad de nutrientes y la retención de agua y, por lo tanto, en la actividad biológica.

1.2.4.6. Biorremediación de hidrocarburos.

Berkeley, (2011) La biorremediación es el uso de seres vivos para restaurar ambientes contaminados.

Según Burges en (1997), la biodegradación asistida, es el proceso por el cual microorganismos indígenas o inoculados (Bacterias y hongos) metabolizan los contaminantes orgánicos del suelo.

En este proceso los contaminantes orgánicos, son biotransformados porque generalmente los microorganismos son utilizados para su crecimiento propio como fuente de carbono y energía.

Los microorganismos, para su crecimiento necesitan la presencia de donadores y aceptores de electrones, una fuente de carbono y nutrientes (N, P, K, S, Mg, Ca, Mn, Fe, Zn, Cu y elementos traza).

1.2.4.7. Bacterias y hongos.

Las bacterias y hongos existentes en los suelos emplean como fuente de carbono a hidrocarburos de petróleo en condiciones aeróbicas o anaeróbicas, llegando, así su degradación. Algunas de las especies de bacterias tienen capacidad para degradar hidrocarburos son:

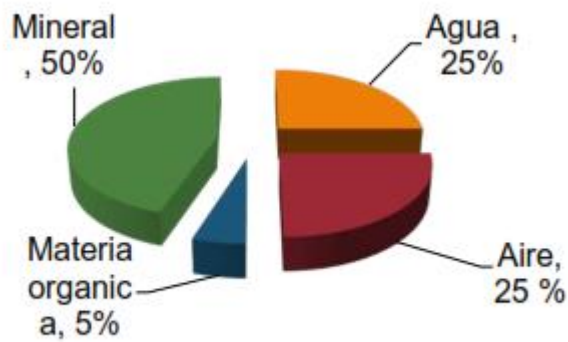
- a) Pseudomonas
- b) Arthrobacter
- c) Alcaligenes
- d) Coiynobacterium
- e) Flavobacterium
- f) Achromobacter
- g) Micrococcus,

Es especies de hongos destacadas:

- a. Aspergillus,
- b. Cephalosporium,
- c. Cunninghamella,
- d. Torulopsis,
- e. Trichoderma y Saccharomyces.

1.2.4.8. Factores del proceso de biorremediación.

Los factores principales que determinan el proceso de degradación son: Oxígeno (O₂), Humedad (H), pH, Temperatura (T), Nutrientes y Textura del suelo, es importante conocer la textura, la estructura y composición de los suelos, según el Grafico 01.



Fuente: Tomado de Guerrero – 2011

Gráfico 01. Composición volumétrica de un suelo franco.

Según Guerrero (2007), señala que la composición volumétrica de un suelo franco es Mineral (50 %), Agua (25%), Aire (25%), Materia orgánica (5%).

1.2.4.9. Tasa de biodegradación

USEPA, (2003). La tasa de biodegradación de los contaminantes depende de la estructura química ellos. Mientras más compleja es la estructura molecular del contaminante su biodegradación será más lenta.

Este proceso de degradación se muestra en el gráfico. 02.

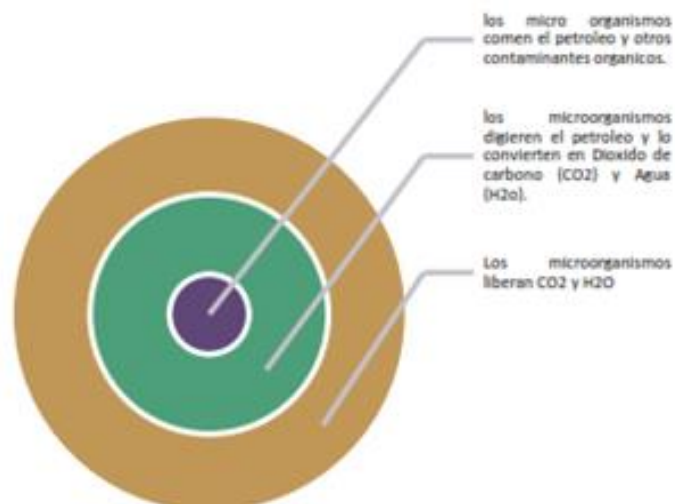


Gráfico 02. Proceso de degradación de un hidrocarburo.

En el Cuadro 01. Se resumen los valores óptimos de los principales parámetros para un proyecto de biorremediación de suelos de acuerdo a las experiencias de Pluspetrol – Iquitos: Rio Corrientes (2007).

Cuadro 01. Valores óptimos para el proceso de biorremediación de suelos

ELEMENTO	NIVEL
Agua	40-80 %
pH	5.8-8
Temperatura	18-32 Grados Centigrados
Profundidad	1-2 m por encima del nivel freático

Fuente: Consulta a Pluspetrol (2007)

1.2.4.10. Especies nativas como reductoras de la concentración de hidrocarburos en suelos.

En áreas muy contaminadas se produce una selección de especies, apareciendo individuos de una misma especie tolerantes a presencia de contaminantes en niveles bajos de contaminación, tienen la capacidad de crecer y reducir las concentraciones de hidrocarburos y otros contaminantes. Ver cuadro 02

El “maíz” *Zea mays*. L. En el caso de las leguminosas su capacidad de fijar nitrógeno es su principal ventaja.

Cuadro 02. Plantas con potencial para reducir la concentración de hidrocarburos en los suelos.

GRUPO DE PLANTAS REDUCTORES			
Nombre común	Nombre científico	Nombre común	Nombre científico
Pasto	<i>Agropyron smithi</i>	Pasto	<i>Cynodon dactylon</i>
Zanahoria	<i>Daucus carota</i>	Trigo	<i>Triticum sp.</i>
Girasol	<i>Heliantus Annnus</i>	Guaba	<i>Inga sp</i>
Col	<i>Festuca arundinacea</i>	Maíz	<i>Zea Maíz. L</i>
Soya	<i>Glycine max</i>	Pasto grama	<i>Panicum coloratun</i>

Fuente: Frick et al., 1999

Las plantas que crecen en suelos contaminados con hidrocarburos de petróleo pueden reducir la concentración de estos contaminantes mediante tres mecanismos: degradación, contención o transferencia (Frick et al. 1999).

La vía de degradación de alcanos en las plantas pueden ser generalizada como:



Donde:

$C_n H_{n+2}$: Formula General de los alcanos (Hidrocarburos de cadena lineal)

O_2 : Oxígeno que proviene del medio ambiente (Proceso aeróbico)

$CO_2 + H_2O$: Son los productos de la degradación del hidrocarburo (Residual)

Amakiri et al. (1984) vieron que la germinación de semillas de maíz se retrasó y redujo 10% pasado 16 semanas de permanecer remojadas en crudo de petróleo. Esta misma tendencia fue reportada por Escalante (2000), quien indica además que se observan efectos fitotóxicos en el crecimiento a partir de la concentración de 10% de TPH.

1.2.4.11. Beneficios del estiércol y aserrín

Juan Guerrero (2,001), establece que es una forma de materia orgánica de excrementos descompuestos de animales (Vaca, cerdo, ovino, gallina, caballo, aves guaneras, etc.)

Arbaiza et al, (1999). El aserrín, materia orgánica de origen vegetal, derivado de especies maderables duras y suaves, como la bolaina, el pino, capirona y otros.

Los beneficios de la materia orgánica animal y vegetal son:

- Son fuente de C y N para los microorganismos.
- Incrementa del vigor y crecimiento del tallo y raíces,
- Forma un mecanismo de supresión de insectos y enfermedades en las plantas.
- Consume los exudados de raíces, hojas, flores y frutos, evitando la propagación de organismos patógenos y desarrollo de enfermedades.
- Incrementa el crecimiento, calidad y productividad de los cultivos.
- Promueven la floración, fructificación y maduración por sus efectos hormonales en zonas meristemáticas.
- Incrementa la capacidad fotosintética por medio de un mayor desarrollo foliar y radicular.

Los beneficios de la materia orgánica en suelos son

Los efectos de los microorganismos en el suelo, mejoran las características físicas, biológicas y supresión de enfermedades. Se pueden mencionar:

Mejorando la estructura y agregación de las partículas del suelo, disminuye su compactación, aumenta los espacios porosos y mejora la infiltración del agua.

Controla microorganismos patógenos que se desarrollan en el suelo por competencia.

IMCL, (2004). La descomposición de la materia orgánica es la transformación aeróbica controlada de desechos orgánicos sólidos con

el agregado de agua y estimulada por medio de inoculación de microorganismos aeróbicos.

1.2.4.12. Importancia de los microorganismos en la descomposición de materia orgánica.

Los microorganismos existentes en la materia orgánica (Estiércol y aserrines) restablece el equilibrio microbiológico del suelo, mejorando sus condiciones físico-químicos, incrementando la reducción de la contaminación del suelo, incrementando la producción de cultivos y su protección.

Tipos de microorganismos presentes en la descomposición, según el cuadro 03:

Cuadro 03. Organismos que intervienen en el proceso de descomposición.

Organismo	Sustancia	Literatura.
<i>Pseudomona púdica</i>	n-C6 n-C10	Chakrabarty et al. (1973)
<i>Pseudomona aeruginosa</i>	n-C6 n-C17	Nieder und Shapiro (1975)
<i>Acinetobacter sp</i>	C10-C20	Kennedy und Pinnerty (1975)
<i>Acinetobacter calcoaceticus</i>	C14	
<i>Pseudomona sol 20</i>	n-C2-C12	Azoulay und Heidemann (1963)
<i>Sacharomyces cerevisiae</i> SAT	n-C1-C22 Trimethylmethan 2-2-Dhymetil propan 2-Methybutan 2-3 Methylbutan	Ooyama und Foster (1965)
<i>Pseudomona sp/52</i>	naphtalin	Treccani et al (1954)
<i>Escherichia coli</i>	Benz(a)pyrene	Martinsen und Zachariah (1978)
<i>Mycobacterium sp</i>	Piren	Heikamp et al (1988)
<i>Pseudomona butanovora</i>	n-butan	Takahashi (1980)
<i>Morasella species</i>	Benzol	Hogn und Jaenicke (1972)
<i>Pseudomona especies</i>	Benzol	Murray et al (1980)
<i>Pseudomona paucimobilis</i>	Phenantheren	Weissnfels et al (1990)
<i>Pseudomona vesicularis</i>	Fluoren	
<i>Pseudomona putida</i>	Benzol	Gibson et al (1970a)
<i>Pseudomona putida</i>	Toluol	Gibson et al (1970b)

Fuente. Kimura, 2005: Nachgewiesene Metabolisierungen verschiedener als Bodenverunreinigung auftretender Verbindungen

1.3. Objetivos de la Investigación

1.3.1. Justificación e Importancia

Justificación

Durante décadas vierten sobre los suelos diversos tipos de residuos generados por las actividades de perforación, explotación, refinación y comercialización del petróleo, por un inadecuado manejo e insuficiente sensibilización ambiental. Como consecuencia, dichos suelos han reducido considerablemente su capacidad natural para sostener a una gran variedad de organismos, restringiendo su capacidad original a tan sólo algunas 3 bacterias oleofílicas, dejando los suelos inutilizables para cualquier tipo de actividad productiva que se quiera realizar (Guerrero, 2002).

La biorremediación y restauración de suelos contaminados con hidrocarburos de petróleo, surge como una alternativa viable, ecológica y de gran aceptación.

Para aplicar la técnica de la biorremediación como alternativa de tratamiento para los suelos se ha considerado los siguientes criterios

- a) Los organismos deben tener la actividad metabólica necesaria para degradar el contaminante a una velocidad razonable para alcanzar el nivel guía.
- b) Las condiciones deben propiciar la actividad del micro organismo y el costo del proceso debe ser menor o en el peor de los casos no más costoso que otras tecnologías para remover el contaminante (Espinoza 1,999).

Las tecnologías de remediación se clasifican de diferentes maneras, sobre la base de los siguientes principios: Remediación, Lugar del proceso de remediación y Tipo de tratamiento.

Según el Instituto Nacional de Ecología, (2003). Establece que de acuerdo al tipo de tratamiento, las tecnologías de remediación pueden clasificarse en tres grupos

G1: Tratamientos biológicos

G2: Tratamientos fisicoquímicos

G3: Tratamientos térmicos

La selección de un tratamiento debe considerar los siguientes factores: tipo de hidrocarburos, concentración del hidrocarburo, características del lugar donde se realizará la remediación, normativa ambiental, costos y tiempo disponible para la remediación (Espinoza 1,999).

Importancia

Este problema es importante porque requiere ser remediados con tecnologías de bajo costo y de fácil acceso y evitar la contaminación de las aguas subterráneas los suelos contaminados por hidrocarburos. La biorremediación, mediante la aplicación de estiércol y aserrín, es técnica de ejecución fácil y de costo bajo por el acceso al insumo remediador. Si se logra llevar a nivel no solo de laboratorio (bioensayos), Es muy importante usar plantas nativas que crecen en el mismo campo contaminado. (Espinoza, 2011).

Existen diversos métodos de remediación de suelo, pero es de necesidad buscar métodos de bajo costo y fácil acceso, como el que empleamos en este trabajo, solo aserrín y estiércol.

1.3.2. Objetivos Principal y Específicos

Objetivos Principal

Determinar la recuperación de suelo contaminado con hidrocarburos, aplicando aserrín y estiércol, usando como planta indicadora al maíz (*Zea mays.L*). La variedad Marginal. T-28.

Objetivos Específicos

1. Evaluar las variaciones del crecimiento de maíz (*Zea mays.L*) con diferentes tratamientos
2. Identificar la concentración de hidrocarburos en el suelo después de haber sido cultivado con maíz (*Zea mays.L*)

1.3.3. Hipótesis y variables

Hipótesis Principal

Se reducirá la contaminación de suelos contaminados con hidrocarburos (TPH) con la técnica de biorremediación, aplicando estiércol orgánico más aserrines, usando como planta indicadora al maíz.

Hipótesis Específicos

1. El Tratamiento con aserrín y estiércol favorecerá el crecimiento del maíz (*Zea mays.L*) según parámetros determinados.
2. La planta de maíz (*Zea mays.L*) serviría como indicador para saber la concentración de hidrocarburos en el suelo.

1.3.3.1. Variables e indicadores

Variable independiente

Suelo contaminado con hidrocarburos TPH.

Variable dependiente

Biorremediación a base de estiércol y aserrín, tomando como indicador la planta de (*Zea mays.L*):

- Altura de planta,
- peso seco foliar,
- peso seco radicular

TABLA DE VARIABLES

VARIABLES		INDICADORES
INDEPENDIENTE	Suelo contaminado con TPH hidrocarburos	<p><u>Perfil del suelo</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Profundidad (cm) • Arena (%) • Limo (%) • Arcilla (%) • Clase textural • Densidad aparente promedia
DEPENDIENTE	Biorremediación a base de estiércol y aserrín	<p><u>Planta de maíz.</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Altura de la planta • Peso seco Foliar • Peso seco radicular

Fuente: Elaboración Propia.

CAPITULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Material, Equipo y Reactivos Químicos

Material de Laboratorio

Para el desarrollo del bioensayo en campo, laboratorio se empleó los siguientes materiales:

- una manta de polipropileno 50 kg.y esparcimiento de la muestra.
- un marcador.
- 01 tamiz granulométrico

Laboratorios:

- 02 Bolsas ziplock de 1000 gr.
- 02 Baldes
- Marcador (Plumón)
- Etiquetas (codificar muestra)
- 02 Bandejas de plástico de 10 litros.
- Balanza de 0,1 gramo de precisión.
- 36 bolsas de aserrines (Bolaina, Capirona, Pino)
- Semillas de Zea mays L. (variedad Marginal T-28)
- Guantes (jebe)
- Protectores nasales y cCasco,
- bolsas 36 de excretas (Vacaza, Cerdaza)
- una bandeja para preparación de prueba de germinación
- Etiquetas (identificar tratamientos)
- Agua (para regar)
- Porción de suelo contaminado por hidrocarburo con igual concentración de TPH.
- Porción de suelo puro contaminado con TPH
- Calibrador de Vernier de 20 centímetros. la medición de la materia seca foliar y radicular
- Bolsas (papel)
- Pinzas
- Sobres manila.

Equipos

- 01 cocina pequeña
- Computador con software estadístico y Ofimática.

2.2. Metodología

La investigación ha realizarse durante el desarrollo de la Tesis será por su relación del tipo Causa – Efecto, las variables están íntimamente relacionadas, según la relación:

(Variable Independiente “X” → Variable Dependiente “Y”),

Dado que durante el experimento una o más variables independientes afectan una o más variables dependientes, específicamente para nuestro trabajo como lo hemos indicado en el Sub capítulo 3.3.3.

Por su nivel será descriptivo porque describirá las características fundamentales de fenómenos tal como se presenta en la realidad y según el tiempo es longitudinal porque la recopilación de información será en un periodo largo de tiempo.

Tipo de Investigación

Experimental

Diseño Completo al Azar (DCA)

Diseño completamente al Azar (DCA), dividido en 3 bloques, con 12 tratamientos, teniendo un total de 36 unidades experimentales, con el siguiente modelo matemático es:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + e_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Observación realizada en el i-ésimo maceta en la repetición j-ésima

μ = Es la media general

T_i = Denota el efecto del i-ésimo tratamiento

β_j = Denota el efecto del j-ésimo bloque; y

e_{ij} = Denota el efecto aleatorio del error asociado a la observación y_{ij}

2.2.1. Población y muestra

Se tomaron las muestras de suelo contaminado con hidrocarburos, cercanos de los tanques de almacenamiento de petróleo en la planta de fraccionamiento, usando la pala plana, limpiando previamente la capa superficial se extrajeron muestras en forma de "V" y en Zigzag, colocándolo en una manta de polietileno para su homogenización, ver figura 01.

Figura 01.

Área de recolección muestras de suelos contaminados con hidrocarburos



Fuente: Plustetrol

La muestra compuesta se analizó en el Laboratorio de la UNICA-Facultad de Agronomía, procediendo a secar a temperatura ambiente por 48 horas. Después se tamizó con malla obteniendo tamaños menores de 2mm., se preparó los tratamientos de tal como estipula el diseño Completamente al Azar (DCA), efectuándose luego La muestra fue analizada la caracterización físico-químico del suelo contaminado en el laboratorio de fertilidad de la Facultad de Agronomía. Se sacó una muestra de suelo normal s/ contaminación de hidrocarburos, de un área cercana a los tanques de almacenamiento de la planta de fraccionamiento, dicha muestras se llevó al Laboratorio de la UNICA para el análisis de caracterización físico-químico.

Figura 02. Recojo de estiércol para el experimento.



Fuente: El investigador.

2.2.2. Diseño a utilizar en el estudio

Terminado el periodo del bioensayo se analizó la altura de planta (cm), peso seco foliar (gr), y peso seco radicular. (gr)

Observando las variaciones de los parámetros de crecimiento con las diversas concentraciones de TPH de los suelos, Estadísticamente son evaluados con el Diseño Completo al Azar “7 DCA”

2.2.3. Métodos y Técnicas de Investigación

Dentro del periodo del bioensayo:

1. Se evaluó la altura de planta (cm), peso seco foliar (gr), y peso seco radicular (gr).
2. Se evaluó las variaciones de los parámetros de crecimiento con las diferentes concentraciones de TPH de los suelos,
3. Se evaluó estadísticamente con el Diseño Completo al Azar “DCA” con 12 tratamientos con 3 repeticiones c/u. respectivamente.

2.2.4. Técnica de recolección de datos

Los procedimientos metodológicos para el bioensayo fueron los siguientes:



Se desarrolló teniendo en cuenta los pasos:

1. Ubicación:

Se describió el área materia de estudio se encuentra localizado en Pluspetrol Puerto Pisco, Ica- Perú

2. Muestreo de suelos:

Se tomó muestras del suelo contaminado por hidrocarburo, alrededor de los tanques de petróleo.

3. Distribución del diseño experimental (DCA)

Se usó el diseño completamente al azar, con 12 tratamientos y 3 repeticiones, usando macetas experimentales con capacidad de 1 kg.

La dosificación igual en cada maceta: 150 gr de aserrín 150 gr estiércol orgánico, y 700 gr de suelo contaminado, utilizando estiércol: vacaza, cerdaza y aserrín: bolaina, capirona y pino.

4. Dosificación de los tratamientos:

Las muestras se preparará en bolsas Ziplock de 1000 gr. para el análisis de la concentración del TPH en el laboratorio. De acuerdo al Anexo 03.

5. Instalación del experimento:

Se realizó en el Taller de Fertilidad de suelos de la Facultad de agronomía, ubicado en el Distrito de Substanjalla, provincia de Ica. La dosificación de los tratamientos, en el periodo del experimento, para germinación y crecimiento del maíz (*Zea mays*.L) se rego con agua de pozo, manteniendo su capacidad de campo hasta el término del experimento, para lo cual se controló el riego cada dos días, según cuadros de recopilación de información Anexo 03.

6. Estimadores estadísticos:

Para el análisis estadístico se usó Software SAS (Statistical Analysis System), hallando el cálculo de los siguientes estimadores estadísticos:

Media aritmética (\bar{X}), Desviación estándar (S) y el Coeficiente de variación (CV)

7. Medición de las variables de la planta de maíz:

Después de 60 días que se terminó el experimento se midió, la altura de planta de maíz, desde la base del tallo hasta el ápice de la hoja más larga, el peso seco foliar, el peso seco radicular y el peso seco radicular.

2.3. Tratamientos de los Datos

Preparación de muestras de los tratamientos para el análisis suelos:

A. Medición de las variables de la planta de maíz

El término el experimento (a los 60 días) se midió, La altura de planta de maíz, desde la base del tallo hasta el ápice de la hoja más larga.

Se determinó el peso seco foliar, colectándose las hojas y tallos, y luego se llevó a una estufa a 60 grados centígrados durante tres días en bolsas de papel etiquetadas, para identificar el peso seco foliar (hojas y tallos) de cada uno de los tratamientos, a través de una balanza de precisión analítica.

Se determinó el peso seco radicular, extrayendo las raíces, con una pinza de c/ tratamiento limpiándose con abundante agua en un colador, llevados a secado en la estufa a 60 grados centígrados durante tres días en bolsas de papel rotuladas, y obteniendo el peso seco radicular, utilizando balanza de precisión.

B. Preparación de las muestras de los tratamientos para el análisis suelos

Al finalizar el experimento se preparó todas las muestras de cada tratamiento para identificar el nivel de concentraciones de hidrocarburos totales de petróleo (TPH)

CAPITULO III RESULTADOS

3.1. Resultados finales

Dando los datos, según el cuadro 4.

Cuadro 4. Concentración de hidrocarburos por tratamiento y promedios de altura de planta, peso seco foliar y peso seco radicular.

TRATAMIENTO	CONCENTRACION (gr TPH/kg de suelo)	ALTURA DE PLANTA (cm)	PESO SECO FOLIAR (gr)	PESO SECO RADICULAR (gr)
Suelo contaminado	21.81	5.34	2.53	2.70
SC+V+Cap	19.9	32.09	6.03	4.07
SC+V+B	19.85	49.77	8.67	6.73
SC+V+P	19.8	41.88 **	6.74 **	4.46 **
SC+C+B	19.87	32.12	5.88	3.68
SC+C+Cap	20.8	41.61	5.9	4.8
SC+C+P	20.25	23.36	5.32	3.3
SC+V	20.8	24.06	6	3.37
SC+C	20.7	24.9	5.38	3.41
SC+B	20.9	21.38	5.06	4.22
SC+Cap.	21.2	22.18	4.66	4.43
SC+P	21.1	22.85	4.66	3.53
C.V. (%)		9.67	10.73	11.74
Significación Estadística del ANVA		(**)	(**)	(**)

Fuente: Elaboración Propia

Según el estadístico de Tuckey, (cuadro 4) arroja un coeficiente de variación (CV), para la altura de planta 9.67 %, para el peso seco foliar de 10.73 %, y para el peso seco radicular 11.74 %, indicando no hubo variación en C/U de las repeticiones por tratamiento. La significancia estadística es alta para las tres variables evaluadas, considerando estas variables son importantes para la evaluación de concentración de los hidrocarburos en experimentos atípicos de biorremediación usando plantas de maíz.

La h= Altura promedio del maíz en los tratamientos evaluados. Según el grafico 03.

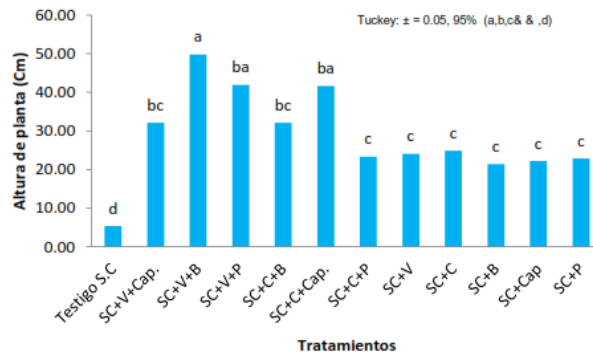


Grafico 03. Altura promedio del maíz por tratamiento.
Fuente: Elaboración Propia.

En el grafico 3, El T3, supero a todos tratamientos en altura de planta =49.67 cm, tomando esta variable como buen indicador para calificar el crecimiento de las plantas de maíz, con una concentración de hidrocarburos de 19.85 gr de TPH/kg de suelo contaminado, la < altura lo obtuvo el tratamiento T1, Suelo contaminado puro (5.34 cm) según se Cuadro 18 y el Grafico 3; respectivamente.

Se presenta el promedio del peso seco foliar del maíz en tratamientos evaluados.

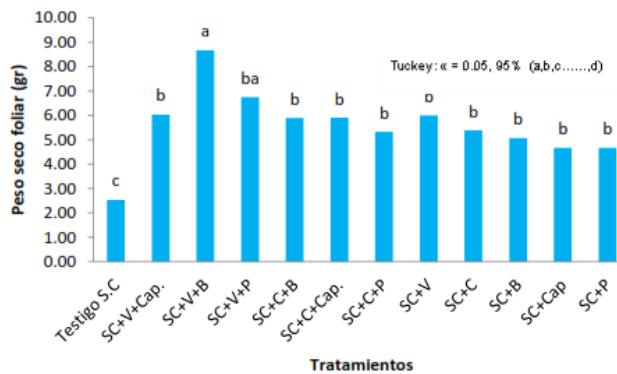


Grafico 04. Peso seco foliar promedio del maíz por tratamiento.
Fuente: Elaboración Propia.

En grafico 04. Muestra la variable peso seco foliar, comportamiento similar, en comparación a la variable altura de planta, el T3, fue el que alcanzo el > peso seco foliar, pero el T1. Suelo contaminado puro = 2.53 gr de masa foliar seca. Ver cuadro 18 y Grafico 4, respectivamente.

Se presenta el promedio del peso seco radicular del maíz en tratamientos evaluados. Ver el grafico 05.

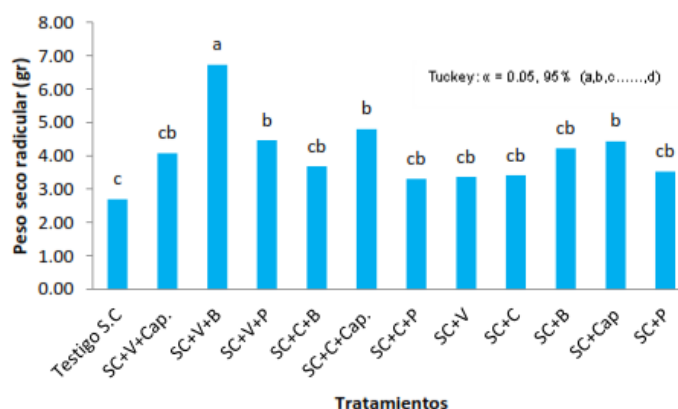


Grafico 05. Peso seco radicular promedio del maíz por tratamientos.

Fuente: Elaboración Propia.

En grafico 05. Se observa la variable peso seco radicular, con comportamiento similar, en relación a la variable altura de planta, y peso seco foliar.

El tratamiento T1. Tuvo reducción del 2 %. Quiere decir que una planta de maíz no desarrolla en suelo con una concentración de 21.81 gr de TPH/kg de suelo. Pero su escaso crecimiento se debió a las reservas de la semilla y no al suelo. Según el cuadro 4.

Observemos las concentraciones de TPH iniciales y finales, también el porcentaje y el ranking de reducción, según el cuadro 5 y 6 respectivamente.

Cuadro 5. Concentraciones de TPH iniciales y finales para el experimento y porcentaje de reducción de TPH.

Tratamientos	Dosificación	(**)TPH INICIAL (gr TPH/kg de suelo)	TPH FINAL (gr TPH/kg de suelo)
T1	Suelo Contaminado	21.81	21.37
T2	SC+V+Cap.	19.9	16.92
T3	SC+V+B.	19.85	16.28
T4	SC+V+P	19.8	16.63
T5	SC+C+B	19.87	16.59
T6	SC+C+Cap	20.8	17.89
T7	SC+C+P	20.25	17.01
T8	SC+V	20.6	18.15
T9	SC+C	20.7	18.42
T10	SC+B	20.9	19.23
T11	SC+Cap.	21.2	20.14
T12	SC+P	21.1	19.83
Promedio del % de Reducción de TPH			

Fuente: Elaboración Propia.

Según el cuadro 5. El T3, está en el primer lugar por tener > valor de reducción 25%, en comparación todos los tratamientos, pero el segundo tratamiento alcanzo una reducción significativa = T5 con 24% respectivamente, lo que se muestra en el cuadro 6.

Cuadro 6. Ranking de reducción

Tratamiento	Ranking	Combinación
T3	1	SC+V+B.
T5	2	SC+C+B
T4	3	SC+V+P.
T7	4	SC+C+P
T2	5	SC+V+Cap
T6	6	SC+C+Cap
T8	7	SC+V
T9	8	SC+C
T10	9	SC+B
T12	10	SC+P
T11	11	SC+Cap.
T1	12	Suelo contaminado

Fuente: **Elaboración Propia.**

El tratamiento T5, suelo contaminado, más cerdaza, más bolaina, muestran el estiércol de cerdo por ser un animal mono gástrico, la excreta posee materia orgánica semi descompuesta lo que retarda la absorción de los nutrientes por medio de los microorganismos. Ver Según se muestra en el Cuadro 6 y Grafico 06, respectivamente.

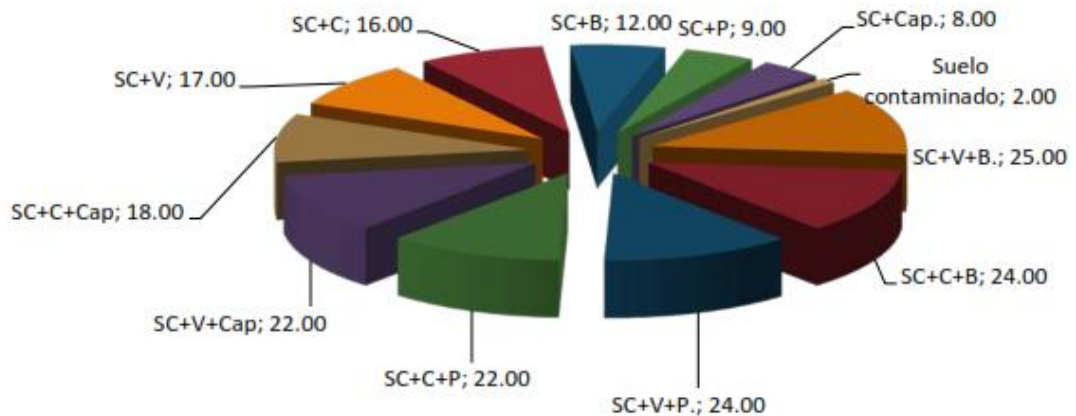


Grafico 06. Ranking de reducción por tratamiento

Fuente: Elaboración Propia.

3.2. Propuesta para la biorremediación de suelos contaminados a nivel de prueba piloto.

La concentración de hidrocarburos en el suelo es de 21,810 mg/kg de suelo.

- a) Área: 1 ha (10,000 m²)
- b) Elementos biorremediadores (Aserrín y Estiércol)
- c) Espesor del suelo: 0.30 m
- d) Plantas indicadoras: *Zea mays L.* y *Arachis pintoi*
- e) Datos del perfil del suelo.
- f) Volumen total de suelo: Profundidad x Área = 0.30 m x 10,000 m² = 3,000 m³
- g) Factor de esponjamiento = 10 %
- h) Tipo de bacterias = Rhizobium y pseudomonas (12 kg)
- i) Peso de la capa a remediar = Densidad aparente promedio x volumen total de suelo = 1.4 x 3,000 m³ = 4,200 ton/ha.
- j) Tiempo= 5 años.

Horiz.	Profundidad (cm)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase textural	Densidad aparente promedio
A	0-10 cm	60	25	15	Fr. A	1.4
C1	0.10- 0.30 cm	71	24	5	Fr. A	

Biorremediar para un suelo contaminado por petróleo se tiene en cuenta las siguientes actividades.

1. **Ventilación del terreno.** El tractor agrícola y el arado de disco de 1.5 ton, volteara el suelo a profundidad de 30 cm. Con el fin de crear condiciones a las raíces del maíz y del maní forrajero.
2. **Rastro.** El estiércol y aserrín se mulliría el suelo para el crecimiento de la planta indicadora.
3. **Riego.** Con el sistema de riego por gravedad para reducir costos a razón de 5000 m³ por ha, teniendo en cuenta el sol.
4. **Inoculación de bacterias.** Se recomienda trabajar con el Maní forrajero o arachis pintoi para cultivo de cobertura, teniendo un requerimiento = 15,625 plantas /ha. A una distancia de 0.8 m entre fila y 0.8 m entre planta.
5. **Siembra.** La siembra del maíz es manual o con una sembradora mecánica a 20 cm entre planta y 80 cm entre surco, densidad poblacional de 62,500 plantas indicadoras por ha., con el fin que se duplique la densidad, dependiendo del tiempo a biorremediar el suelo.
6. **Pruebas de colonias de bacterias,** Se usara el método estándar recomendado por la EPA, USDA con el fin de contar las colonias
7. **Medición de TPH inicial y final.** Para la medición del TPH, deberá realizarse un muestreo inicial y final, cada año, para ir evaluando la (15) resiliencia del suelo.

CAPITULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1. Resultado inicial de la concentración de TPH

La dosis de los tratamientos en el diseño al Azar, siendo los resultados del análisis en laboratorio Envirolab, ver el cuadro 7.

Cuadro 7. Resultados de la concentración inicial de TPH por tratamiento.

Tratamiento	Composición	gr de TPH/kg de suelo
T1	SC	21.81
T2	SC+V+Cap.	19.9
T3	SC+V+B	19.85
T4	SC+V+P	19.8
T5	SC+C+B	19.87
T6	SC+C+Cap	20.8
T7	SC+C+P	20.25
T8	SC+V	20.6
T9	SC+C	20.7
T10	SC+B	20.9
T11	SC+Cap.	21.2
T12	SC+P	21.1

Fuente: Lab. Envirolab-2018

Los resultados del análisis inicial, se observa que el Tratamiento T1, (suelo contaminado), su concentración es 21.81 gr de TPH por Kg de suelo.

4.2. Resultado inicial de las propiedades físicas y químicas del suelo contaminado.

De acuerdo al cuadro 8. Se aprecia que el suelo tiene una buena fertilidad y buenas características físicas y químicas y una alta concentración de micro elementos (Fe, Cu, Zn), así mismo presenta una alta concentración de materia orgánica debido a que existe una alta concentración de hidrocarburos, lo que concuerda por lo manifestado por Martínez et al 2001

Cuadro. 8. Análisis inicial de las propiedades físicas y químicas del suelo contaminado.

Propiedades	Unidades	Valores	Interpretación
Clase textural	--	Franco	Textura media
pH 1:1	--	5.88	Moderadamente ácido
C. E.	dS/m	19.1	Fuertemente salino
CaCO ₃	%	0	Bajo
M. O.	-	9.7	Alto
P disponible	mg/Kg	5.8	Alto
K disponible	mg/kg	585	Alto
CIC total	Meq/100	11.84	Medio
Saturación de	%	76	Alto
Fe	mg/Kg	100	Alto
Zn	mg/Kg	481	Alto
Cu	mg/Kg	5.9	

Fuente: Laboratorio de análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes de la UNICA- 2018

4.3. Resultado de la altura de la planta de maíz

De acuerdo al Modelo de Diseño Completamente al Azar, se midió la altura de planta de maíz. Ver en el cuadro 9.

El promedio de altura de planta (cm), se observa en el cuadro 9. El T3 tuvo mayor crecimiento (49.77cm), superior a los demás tratamientos. Ver gráfico.

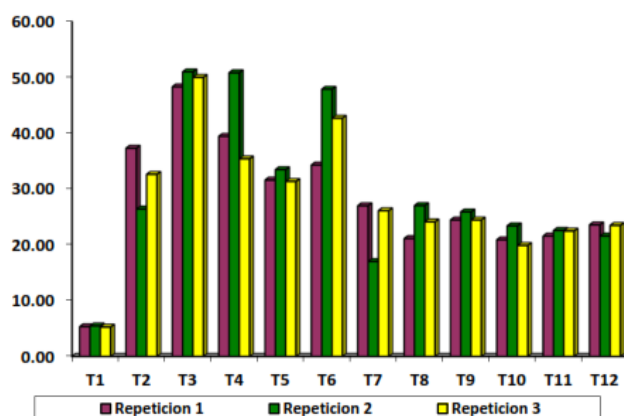


Gráfico 07. Altura promedio de planta (cm)

Cuadro 9. Promedio de altura de planta (cm) de maíz para los 12 tratamientos evaluados.

Tratamiento	Repetición (Promedio/Maceta)			Promedio
	R1	R2	R3	
T1	5.33	5.45	5.25	5.34
T2	37.29	26.38	32.6	32.09
T3	48.32	51	50	49.77
T4	39.42	50.83	35.38	41.88
T5	31.58	33.45	31.32	32.12
T6	34.28	47.87	42.67	41.61
T7	26.98	17	26.09	23.36
T8	21.09	27	24.09	24.06
T9	24.42	25.87	24.42	24.9
T10	20.89	23.37	19.87	21.38
T11	21.55	22.55	22.45	22.18
T12	23.55	21.55	23.45	22.85

Fuente: Elaboración Propia.

4.3.1. Interpretación de altura de planta.

En la prueba de Tuckey, los resultados estadísticos se muestran en el siguiente cuadro 10.

Cuadro 10 Prueba de Tuckey de los datos de altura de planta de maíz para los 12 tratamientos evaluados.

Tratamiento	gr TPH/Kg de suelo	Altura de planta		
		Promedio	S	CV (%)
T1	21.81	5.34	0.1	1.89
T2	19.9	32.09	5.47	17.06
T3	19.85	49.77	1.35	2.72
T4	19.8	41.88	8.01	19.13
T5	19.87	32.12	1.16	3.62
T6	20.8	41.61	6.86	16.48
T7	20.25	23.36	5.52	23.65
T8	20.6	24.06	2.96	12.28
T9	20.7	24.9	0.84	3.36
T10	20.9	21.38	1.8	8.42
T11	21.2	22.18	0.55	2.48
T12	21.1	22.85	1.13	4.93
ANVA				9.67
Tratamiento		F	P	
		28.77	0.0001 **	

En el cuadro 10. La prueba de estadística de Tuckey se observa en la variable altura de planta, los tratamientos resulta que el T3 es significativo alto, coeficiente de variación = 2.72%. Con desviación estandar (1.35) entre la media (49.77).

4.4. Análisis del peso seco foliar de la planta de maíz.

El diseño completamente al azar, se midió el peso seco foliar. Ver cuadro 11.

Cuadro 11. Promedio del peso seco foliar (gr) para los 12 tratamientos evaluados

Tratamiento	Repetición (Promedio/Maceta)			Promedio gr.
	1	2	3	
T1	2.32	2.34	2.94	2.53
T2	6.12	5.99	5.97	6.03
T3	8.87	8.39	8.76	8.67
T4	5.9	6.43	7.89	6.74
T5	6.9	5.13	5.62	5.88
T6	7.02	5.39	5.28	5.9
T7	5.49	5.4	5.09	5.32
T8	5.67	5.2	7.12	6
T9	4.98	4.38	6.79	5.38
T10	5.1	5.12	4.96	5.06
T11	4.89	4.19	4.9	4.66
T12	4.89	4.19	4.9	4.66

El T3 se obtuvo el > peso seco foliar/maceta = 8.67 gr. Logro superior a todos tratamientos. Ver gráfico 08.

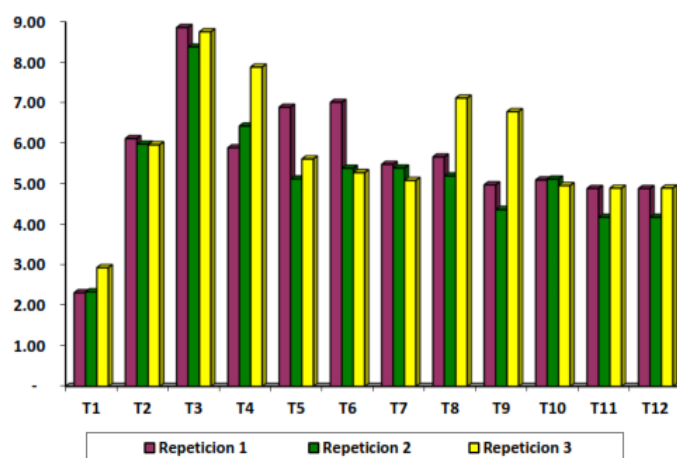


Gráfico 08. Peso seco foliar por repeticiones (gr)

4.4.1. Interpretación del peso seco foliar (gr).

Con la prueba de Tuckey, el análisis estadístico se muestran en el cuadro 12.

Cuadro 12. Prueba de Tuckey de los datos de peso seco foliar de planta de maíz para los 12 tratamientos evaluados.

Tratamiento	gr TPH/kg suelo	Peso Seco Foliar (gr)		
		Promedio	S	CV(%)
T1	21.81	2.53	0.35	13.92
T2	19.9	6.03	0.08	1.39
T3	19.85	8.67 **	0.25	2.91
T4	19.8	6.74	1.03	15.3
T5	19.87	5.88	0.91	15.54
T6	20.8	5.9	0.97	16.52
T7	20.25	5.32	0.21	3.9
T8	20.6	8	1	16.71
T9	20.7	5.38	1.28	23.34
T10	20.9	5.08	0.09	1.74
T11	21.2	4.68	0.41	8.73
T12	21.1	4.68	0.41	8.74
ANVA				10.73
Tratamiento		F		P
		12.42		0.0001 **

En el cuadro 12, con la estadística de Tuckey se observa Peso seco foliar, el T3, presenta una significación estadística alta se concluye que es el mejor tratamiento, con coeficiente de variación = 2.91%. y desviación estándar (0.25) entre la media (8.67).

4.5. Análisis del peso seco radicular de la planta de maíz.

Se procedió a medir el parámetro peso seco radicular, ver cuadro 13.

Los promedios de peso seco radicular (gr), se aprecia en el cuadro 13. El T3 dio el > peso seco radicular del maíz, = 6.73 gr. Dando un mejor resultado que los otros tratamientos, ver el grafico 09.

Cuadro 13. Promedio del peso seco radicular de la planta (gr) de maíz para los 12 tratamientos

Tratamiento	Repetición (Promedio/Maceta)			Promedio
	1	2	3	
T1	2.43	2.88	2.82	2.7
T2	4.32	3.89	3.99	4.07
T3	6.29	7.58	6.34	6.73
T4	3.49	4.58	5.32	4.46
T5	4.32	3.34	3.38	3.68
T6	5.09	4.89	4.43	4.8
T7	3.45	3.42	3.04	3.3
T8	3.11	3.28	3.74	3.37
T9	2.35	3.31	4.58	3.41
T10	4.34	4.67	3.65	4.22
T11	4.58	4.31	4.42	4.43
T12	3.56	3.61	3.42	3.53

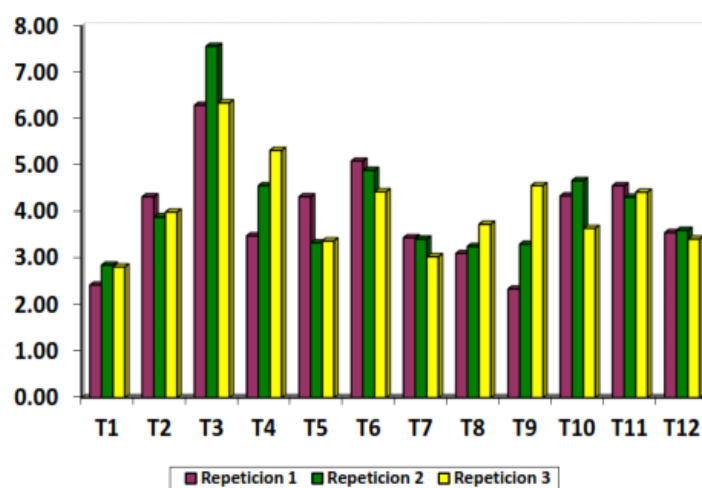


Grafico 09. Peso seco radicular por repeticiones (gr)

4.5.1. Interpretación del peso seco radicular.

El análisis estadístico ver el cuadro 14.

Cuadro 14. Prueba de Tuckey de los datos del peso seco radicular (gr) de la planta de maíz para los 12 tratamientos evaluados.

Tratamiento	gr TPH/kg suelo	Peso Seco Radicular (gr)		
		Promedio	S	CV (%)
T1	21.81	2.7	0.24	8.79
T2	19.9	4.07	0.23	5.53
T3	19.85	6.73	0.72	10.68
T4	19.8	4.46	0.92	20.63
T5	19.87	3.68	0.55	15.07
T6	20.8	4.8	0.34	7.05
T7	20.25	3.3	0.23	6.9
T8	20.6	3.37	0.33	9.77
T9	20.7	3.41	1.11	32.62
T10	20.9	4.22	0.52	12.33
T11	21.2	4.43	0.13	2.83
T12	21.1	4.66	0.41	8.74
ANVA				11.74
Tratamiento		F	P	
		10.74	0.0001 **	

En el cuadro 14. La prueba de Tukey nos indica que la variable peso seco radicular, el tratamiento T3, es altamente significativo, con coeficiente de variación de 10.68%. Se obtuvo cociente de la desviación estándar (0.72) entre la media (6.73).

4.5.2. Discusión sobre el peso seco radicular.

Según Manrique, et al. (1988). La maíz, su planta tiene un sistema radicular fibroso, su área mayor radicular es superficial y se localiza alrededor de 30 cm de profundidad, con un radio de 40 cm. Siendo uno de los mecanismos escogidos para la degradación de hidrocarburos de petróleo por las plantas es la "rizo degradación". Gunther et al. (1996) referido por Frick (1999) sugiere que las raíces de las plantas estimulan la degradación microbiana de los hidrocarburos en suelos contaminados con estos compuestos.

4.6. Análisis final de la concentración de TPH en tratamientos

Se presentan en el cuadro 15.

Cuadro 15. Resultado de la concentración final de TPH por tratamiento

Tratamiento	Composición	gr de TPH/kg de suelo
T1	SC	21.37
T2	SC+V+Cap.	16.92
T3	SC+V+B	16.28
T4	SC+V+P	16.63
T5	SC+C+B	16.59
T6	SC+C+Cap	17.89
T7	SC+C+P	17.01
T8	SC+V	18.15
T9	SC+C	18.42
T10	SC+B	19.23
T11	SC+Cap.	20.14
T12	SC+P	19.83

En el cuadro 15, Se observa, los tratamientos con estiércol orgánico + aserrín se redujo considerablemente las concentraciones de hidrocarburos comparados con los tratamientos compuestos solo con estiércol o solo con aserrín.

CONCLUSIONES

1. El tratamiento reducci3n eficiente en concentraci3n de los hidrocarburos totales de petr3leo: Suelo dosificado c/vacaza + aserr3n de bolaina (T3). De 21.81 gr de TPH/kg de suelo se disminuy3 a una concentraci3n de 16.28 gr de TPH/kg de suelo, una reducci3n =25 %.
2. Empleando solo esti3rcol en los suelos contaminados con hidrocarburos, disminuyo solo 16.5 % y solamente con aserrines disminuyo 9.6 %. Tratados junto con aserr3n y esti3rcoles org3nicos en promedio disminuyo 22.5 % del contenido de hidrocarburos en el suelo.
3. Los suelos contaminados para ser tratados con esti3rcol org3nico m3s aserrines, usando como sustratos para la planta de "ma3z" (*Zea mays L.*), mostro en promedio 36.80 cm de h. de planta, comparados con tratamientos de suelos contaminados utilizando solo esti3rcol = promedio de 24.48 cm y solo con aserr3n = promedio de 22.14 cm.
4. Los suelos contaminados tratados c/esti3rcol org3nico, + aserrines, usados como sustratos para la planta de "ma3z" (*Zea mays L.*), se obtuvo = promedio 6.42 gr de peso seco foliar, comparados con tratamientos de suelos contaminados usando esti3rcol = promedio 5.68 gr y utilizando solo aserr3n un promedio de 4.79 gr.
5. Los suelos contaminados tratados con esti3rcol org3nico, m3s aserrines, utilizados como sustratos para la planta de "ma3z" (*Zea mays L.*), obtuvieron prom.= 4.50 gr en peso seco radicular, comparados con tratamientos de suelos contaminados utilizando 3nicamente esti3rcol un promedio 3.39 gr y usando 3nicamente aserr3n =promedio de 4.06 gr.
6. La planta de "ma3z" (*Zea mays L.*) es indicador de evaluaci3n sobre la disminuci3n de concentraci3n de hidrocarburos en suelos contaminados por medio de sus variables: la altura de la planta, peso seco foliar y peso seco radicular.

7. El cultivo de "maíz" (*Zea mays L.*) se observa una > altura de planta, > peso seco foliar, y peso seco radicular, luego de los suelos contaminados con hidrocarburos han sido tratados conjuntamente mediante estiércoles + aserrines y - desarrollo cuando solamente han sido tratados con estiércol o aserrines.

RECOMENDACIONES

1. El uso de estiércoles orgánicos, como vacaza y cerdaza más aserrines de especies maderables del tipo suave (Bolaina y pino) como fuente de remediación para suelos contaminados con hidrocarburos.
2. El uso de estiércoles y aserrines es una tecnología económico y de fácil manejo, con el fin de mejorar la resiliencia del suelo.
3. La aplicación de esta técnica de biorremediación en los suelos contaminados de la planta de fraccionamiento de la Empresa PLUSPETROL PERU CORPORATION S.A. y otros lugares con las mismas condiciones similares.
4. La prueba piloto propuesta realizarla para la biorremediación de los suelos contaminados por hidrocarburos para una ha. (hectárea) de terreno en los campamentos con suelos contaminados; utilizando plantas nativas tolerantes a los hidrocarburos.

BIBLIOGRAFIA.

Bibliografía Básica.

1. [CAB 09] CABALLERO ROMERO, Alejandro Guías Metodologías para planes de Tesis de Maestría y Doctorado. Editorial Instituto de Metodología Halen Caro, Enero 2009
2. [MON 93] MONZÓN GARCÍA, Samuel Alfredo. "Introducción al Proceso de Investigación, Editorial TUCUR, 1993.
3. [ACH 98] ACHAERANDIO, L. "Iniciación a la Práctica de la Investigación, Guatemala Publicaciones, 1998.
4. [SAL 98] SALKID, N, "Métodos de Investigación", (3ª. Edición) Editorial Prentice Hall, 1998.

Bibliografía Especializada:

5. ALKORTA, I. y GARBISU, C. 2001. Phytoremediation of organic contaminación in soils. *Bioresource Technology* 79:273-276.
6. AMAKIRI, J. y ONOFEHARA F. 1984. Effect of cride oli pollution on the growth of Zea mays, Abelmoshus esculentus and Capsicum frutescens. *Oil Petrochemical Pollution*. 1 199-205.
7. ARBAIZA, (2011). Centro Internacional de Tecnología y Transformación de la Madera. CITE. Ucayali. Perú.
8. BARTOLINI, R. 1990. El maíz. Editorial Paraninfo. Madrid. 276. BERKELLEY. 2011. Laboratorio de biorremediacion. EE.UU.
9. CHAINEAU, C., MOREL, J. y OUDOT, J. 1996. Land Traedment of oil based drill cutting in an agricultural soil. *Journal of Enviromental Quality*, 4: 858-867.
10. COONEY, J., SILVER, S. y BECK, E. 1985. Factors influencing hydrocarbons degradation in three freshwater lakes. *Microbial Ecology*, 11: 127-237.
11. ESCALANTE, E. 2000. Estudio de Ecotoxicidad de un suelo contaminado con hidrocarburos. Tesis para obtener el grado de maestro en biotecnología. Universidad Autonoma Metropolitana, México. D.F.
12. FRICK, C. M., R. E. Farrell y J. J. Germida. 1999. Assessment of Phytoremediation as anin situ Technique for Cleaning Oil-Contaminated Sites. Petroleum Technology Alliance of Canada. Vancouver, British Columbia.

13. GUERRERO, J. 2001. El Compost un abono orgánico compuesto para mejorar y dar vida a nuestros suelos. Taller de conservación de suelos y agricultura sostenible. UNALM. Lima.
14. IMCL (Intendencia Municipal de Cerro Largo). 2004. Producción de Compostaje. Uruguay.
15. INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGIA, 2003. Ambiente y Desarrollo. Lima, Perú.
16. MANRIQUE, et al 1988. Programa Cooperativo Investigaciones en Maíz. BAN. UNALM. Perú.
17. MARTINEZ, E. y LOPEZ, F. 2001. Efecto de hidrocarburos en las propiedades físicas y químicas del suelo arcilloso. Terra, 10: 9-17.
18. MORGAN Y WATKINSON. 1989. Biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos. España. Madrid.
19. NAVARRO, et al, 2001. La biorremediación en Perú. Lima-Perú. 2001
20. WHITE, D. 1995. The Physiology and Biochemistry of Prokaryotes. Oxford University Press, Oxford, 10.
21. WHITE K. L. 1999. An overview of immunotoxicology and carcinogenic polycyclic aromatic hydrocarbons. Environ Carcinogen.
22. ALVARADO, P. 2004. Producción de Compostaje. Facultad de Agronomía, Universidad de Santiago. Chile.
23. APROLAB, 2007. Manual para la producción de compost orgánico con microorganismos eficaces. Lima. Perú.
24. AVENDAÑO, D. 2003. El proceso de compostaje. Tesis Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago
25. GUERRERO, J. 1993. Manual de Abonos Orgánicos. Tecnología para el Manejo Ecológico de Suelos. RAAA. Lima, PE. 90p.
26. JUZCAMAYTA, J. 2007. Biorremediación de suelos contaminados mediante el uso de organismos vivos. Lab. de biorremediación de la UNALM. Lima. Perú.
27. INTEC (Instituto Tecnológico de Chile). 1999. Manual de compostaje. (en línea). Corporación de Investigación Tecnológica de Chile. Consultado 16 febrero del 2005.

TESIS

28. AREVALO, J.C. 2011. CGTA. Evaluación de 15 accesiones de MAD, en un suelo entisol. Tesis de Ing. Perú.
29. LA ROSA, D. 2000. Evaluación de 4 abonos orgánicos en el rendimiento de los cultivos de col y coliflor en la Molina. Tesis UNALM. Lima.

30. EYZAGUIRRE, C. 2007. Curso de estadística e informática. Métodos estadísticos para la investigación 1. UNALM. Lima. Perú.
31. KIMURA, R. 2005. Evaluación de los efectos del producto "ENZYMPLUS" (activador biológico) en la elaboración de compost utilizando dos tipos de estiércol (vacuno y ovino). Tesis UNALM. Lima.
32. OCAMPO, J; ROBLES, D; WU, A. 2002. El Compostaje como método de Bioremediación de Suelos contaminados con hidrocarburos. Tesis UNALM.

ANEXO 1

RESUMEN DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Obs	TRAT	ALTURA	PSFOL	PSRAD
1	1	5.33	2.32	2.43
2	1	5.45	2.34	2.86
3	1	5.25	2.94	2.82
4	2	37.29	6.12	4.32
5	2	26.38	5.99	3.89
6	2	32.60	5.97	3.99
7	3	48.32	8.87	6.29
8	3	51.00	8.39	7.56
9	3	50.00	8.76	6.34
10	4	39.42	5.90	3.49
11	4	50.83	6.43	4.56
12	4	35.38	7.89	5.32
13	5	31.58	6.90	4.32
14	5	33.45	5.13	3.34
15	5	31.32	5.62	3.38
16	6	34.28	7.02	5.09
17	6	47.87	5.39	4.89
18	6	42.67	5.28	4.43
19	7	26.98	5.49	3.45
20	7	17.00	5.40	3.42
21	7	26.09	5.09	3.04
22	8	21.09	5.67	3.11
23	8	27.00	5.20	3.26
24	8	24.09	7.12	3.74
25	9	24.42	4.98	2.35
26	9	25.87	4.38	3.31
27	9	24.42	6.79	4.56
28	10	20.89	5.10	4.34
29	10	23.37	5.12	4.67
30	10	19.87	4.96	3.65
31	11	21.55	4.89	4.56
32	11	22.55	4.19	4.31
33	11	22.45	4.90	4.42
34	12	23.55	4.89	3.56
35	12	21.55	4.19	3.61
36	12	23.45	4.90	3.42

The ANOVA Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
TRAT	12	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

Number of observations 36
 VARIABLES: 3

The ANOVA Procedure

Dependent Variable: ALTURA

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	4641.373431	421.943039	26.77	<.0001 (**)
Error	24	378.238200	15.759925		
Corrected Total	35	5019.611631			

R-Square Coeff Var Root MSE ALTURA Mean
0.924648 13.94829 3.969877 28.46139

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT	11	4641.373431	421.943039	26.77	<.0001

VARIABLES: 3

The ANOVA Procedure

Dependent Variable: PSFOL

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	68.48026667	6.22547879	12.45	<.0001
Error	24	11.99893333	0.49995556		
Corrected Total	35	80.47920000			

R-Square Coeff Var Root MSE PSFOL Mean
0.850906 12.69435 0.707075 5.570000

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT	11	68.48026667	6.22547879	12.45	<.0001

VARIABLES: 3

The ANOVA Procedure

Dependent Variable: PSRAD

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	35.22790000	3.20253636	10.74	<.0001
Error	24	7.15320000	0.29805000		
Corrected Total	35	42.38110000			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	PSRAD Mean
0.831217	13.45231	0.545940	4.058333

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT	11	35.22790000	3.20253636	10.74	<.0001

VARIABLES: 3

Tukey Grouping	Mean	N	TRAT
A	49.773	3	3 (**)
A			
B A	41.877	3	4 (*)
B A			
B A	41.607	3	6 (*)
B			
B C	32.117	3	5
B C			
B C	32.090	3	2
C			
C	24.903	3	9
C			
C	24.060	3	8
C			
C	23.357	3	7
C			
C	22.850	3	12
C			
C	22.183	3	11
C			
C	21.377	3	10

D 5.343 3 1
 VARIABLES: 3

The ANOVA Procedure

Tukey Grouping	Mean	N	TRAT
A	8.6733	3	3
A			
B A	6.7400	3	4
B			
B	6.0267	3	2
B			
B	5.9967	3	8
B			
B	5.8967	3	6
B			
B	5.8833	3	5
B			
B	5.3833	3	9
B			
B	5.3267	3	7
B			
B	5.0600	3	10
B			
B	4.6600	3	11
B			
B	4.6600	3	12
C	2.5333	3	1

Tukey Grouping	Mean	N	TRAT
A	6.7300	3	3
B			
B	4.8033	3	6
B			
B	4.4567	3	4
B			
B	4.4300	3	11
B			
C B	4.2200	3	10
C B			

C B	4.0667	3	2
C B			
C B	3.6800	3	5
C B			
C B	3.5300	3	12
C B			
C B	3.4067	3	9
C B			
C B	3.3700	3	8
C B			
C B	3.3033	3	7
C			
C	2.7033	3	1