



**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

TESIS

“Efecto de diésel como contaminante del suelo en el crecimiento del Frijol Castilla o caupi, (*Vigna unguiculata L*) Distrito de Yarinacocha, Provincia de Coronel Portillo, Región Ucayali. 2018”

PRESENTADO POR EL BACHILLER

ARON FIDEL VARGAS MEZA

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL**

**PUCALLPA - PERÚ
AGOSTO - 2018**

DEDICATORIA

Esta investigación le dedico con todo mi cariño y amor a Dios, por iluminarme día a día, guiarme en buen camino y bendecirme.

A mis padres, quienes con sus palabras de aliento no me dejaban decaer para que siguiera adelante y siempre sea perseverante y cumpla con mis metas.

A mis hermanos, por ser mi fuente de motivación e inspiración para poder superarme cada día más y así luchar para que la vida nos depare un futuro mejor.

A los docentes que me inculcaron en la búsqueda del saber científico con carácter humanista, forjando en nosotros ese deseo de superación, instrumentos que nos permiten afrontar este mundo competitivo.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS todo poderoso y a la Virgen María por brindarme la oportunidad de obtener otro triunfo personal, y darme salud, sabiduría y entendimiento para lograr esta meta.

A la Universidad Alas Peruanas, Facultad de Ingeniería ambiental por brindarme lo mejor para mi formación como profesional.

A todos mis amigos y compañeros de la UAP, gracias a todas las personas que fueron partícipes de este proceso, ya sea de manera directa o indirecta por su apoyo y valiosa colaboración.

A mis padres, familiares y amigos especiales que siempre estuvieron apoyándome de manera incondicional, muchas gracias por todo.

A mis docentes que me brindaron sus diversos conocimientos, especialmente del campo y temas a mi profesión.

A mi Asesor de tesis Ing. Mg. Manuel Mario Chuyma Tomaylla, por brindarme su apoyo y sus consejos en las coordinaciones durante la elaboración y ejecución de la tesis.

ÍNDICE

RESUMEN	vi
ABSTRACT	ix
INTRODUCCIÓN	xi
PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO	13
1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA	13
1.2. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	14
1.2.1.- DELIMITACIÓN ESPACIAL	14
1.2.2.- DELIMITACIÓN SOCIAL	14
1.2.3.- DELIMITACIÓN TEMPORAL	15
1.2.4.- DELIMITACIÓN CONCEPTUAL	15
1.3. PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN	15
1.3.1.- Problema principal	15
1.3.2.- Problemas secundarios	15
1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	15
1.4.1. Objetivo general	15
1.4.2. Objetivos específicos	16
1.5. HIPÓTESIS Y VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN	16
1.5.1. HIPÓTESIS ALTERNA	16
1.5.2. HIPÓTESIS NULA	16
1.5.3. VARIABLES (DEFINICIÓN CONCEPTUAL Y OPERACIONAL)	16
A. Definición Conceptual	16
B. Definición Operacional	17
1.6. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	19
1.6.1.- TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN	19
a) Tipo de investigación	19
b) Nivel de investigación	19
1.6.2.- MÉTODO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	19

a. Método de la investigación.....	19
b. Diseño de la investigación.....	19
1.6.3. POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN	21
1.6.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	21
1.6.5. JUSTIFICACIÓN, IMPORTANCIA Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	22
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	24
2.1.1. Antecedentes Internacionales.....	24
2.1.2. Antecedentes Nacionales.....	28
2.2. BASES TEÓRICAS.....	33
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	33
CAPÍTULO III.....	35
PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	35
3.1. RESULTADOS.....	35
3.2. DISCUSIÓN	39
3.3. CONCLUSIONES	43
3.4. RECOMENDACIONES.....	44
3.5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	45
3.6. ANEXOS.....	47

RESUMEN

La investigación se realizó en los campos experimentales de la Universidad Alas Peruanas, Filial Pucallpa, ubicada en la avenida arborización N° 175, distrito de Yarinacocha, Provincia de Coronel Portillo, Región Ucayali. El problema por resolver se concentró en los siguientes:

¿La planta de frijol castilla tendrá el mismo comportamiento morfo fisiológico cuando es sembrado en suelos contaminados con diésel?

¿El crecimiento de la planta de frijol castilla en un suelo contaminado con diésel, no tendrá ningún problema morfo fisiológico?

¿La presencia de los nódulos del frijol castilla no será afectada cuando crecen en suelos contaminados con diésel?

Se plantearon como objetivos:

- Determinar el comportamiento de la planta de frijol castilla cuando es sembrado en suelos contaminados con diésel.
- Determinar el crecimiento de la planta de frijol castilla en un suelo contaminado con dosis de diésel, si tendrá problemas morfo fisiológico en su crecimiento.
- Determinar la presencia de los nódulos del frijol castilla si serán afectados cuando crecen en suelos contaminados con dosis de diésel

Se consideró como variable independiente al suelo contaminado y como variable dependiente el crecimiento de la planta de frijol caupi o castilla (*Vigna unguiculata*), Tipos de Variables, por su naturaleza de evaluar cuatro (4) tratamientos en cuatro (4) repeticiones, hace necesario ser planteado bajo el diseño experimental denominado Cuadrado latino 4 x 4

Se consideró importante el derrame de petróleo en el Perú especialmente en la amazonia ha generado impactos ambientales al suelo dejando hectáreas improductivas, así como la contaminación a las aguas de los ríos y quebradas afectando a la flora y fauna de una región, generalmente se produce por la extracción del petróleo, la descontaminación no alcanza a cubrir las áreas afectadas dependiendo de la penetración del crudo al ecosistema.

Los resultados son evidentes que el petróleo es un fuerte contaminante para el ecosistema o recurso suelo donde afectara en este caso al frijol Chiclayo que es una fuente de proteínas para la población de menores recursos económicos. Cuando no se aplicó ninguna dosis de petróleo la planta demostró todo su vigorosidad en su pleno crecimiento vegetativo no dio muestras de una debilidad ya que el suelo no estaba contaminado, se le dio todo lo necesario para su crecimiento sin problemas, al respecto Camacho 2009, menciona que para condiciones de Colombia para las zonas frijoleras no presenta contaminación del suelo en zonas donde la mano del hombre prepara su terreno, mientras que en la parte de Cali que representa a la zona frijolera los suelos son contaminados con petróleo cuando el operador cambia o agrega combustibles originando problemas en la fisiología de las plantas.

Esta investigación demuestra como el petróleo por los contaminantes que contiene pasan al ecosistema suelo perjudicando en forma antrópica una contaminación que si estaríamos en una siembra comercial de frijoles sería un riesgo para la producción por lo tanto la economía del agricultor estaría siendo afectada. Bragg, 2008, recuerda que los suelos que por error pueden ser contaminados en forma antrópica se debe planificar su recuperación mediante plantas fijadoras de nitrógeno como se demuestra en esta investigación.

La contaminación al suelo no solamente es por el derrame del petróleo al suelo sino también por las partículas del viento que pueden venir de lugares cercanos infectando al recurso suelo originando serios trastornos fisiológicos en la estructura de las capas arables del suelo, especialmente es maltratado el Horizonte 0 y el horizonte A y B que según la estructura del suelo puede afectar a unos 50 centímetros.

Se concluyó que:

- El tratamiento testigo es decir sin la aplicación del contaminante llamado petróleo no afecto en la formación de los nódulos originados por las bacterias de *Bradyrhizobium japonicum* presentes en todo tipo de suelo.
- Las plantas que crecieron en un suelo sin contaminante crecieron vegetativamente en forma normal se desarrolló su fisiología de la planta
- Suelos contaminados con diferentes dosis de petróleo presentaron debilidad en su crecimiento lo que indica que las bacterias del suelo fueron fuertemente afectadas por la contaminación originada por la mano del hombre

- El combustible petróleo es un fuerte contaminante para el ecosistema del suelo y la planta de frijol puede ser una planta remediadora, pero a nivel de su rastrojo.
- Se demostró que la planta de frijol caupicrece bien en un suelo normal, mientras que la misma planta donde es contaminado con diésel tiene serios problemas para su crecimiento que afectaría a la economía del productor, dedicado a la siembra de frijol en el ecosistema de restingas de Ucayali.
- También está claro con los resultados encontrados que las bacterias que fijan nitrógeno atmosférico al suelo con la presencia de diésel se ven afectadas no permiten una fijación simbiótica eficiente al suelo.

Palabras Claves: Frijol, Diesel, contaminación, suelo.

ABSTRACT

The research was conducted in the experimental fields of the University Alas Peruanas - Pucallpa subsidiary, located in the Avenue tree N ° 175, district of Yarinacocha, province of Coronel Portillo, Ucayali Region. The problem to solve is concentrated on the following castilla bean plant will have the same behavior morpho-physiological when it is planted in soils contaminated with diesel? The growth of the plant of bean castilla in a dose of diesel-contaminated soil won't no morpho-physiological problem? The presence of nodules of Castile beans will be not affected when they grow in soils contaminated with diesel? Raised as a aims: determine the behavior of the castilla bean plant when it is planted in soils contaminated with diesel?

. • Determine the presence of common bean nodules castilla if they will be affected when they grow in soils contaminated with doses of diesel?

It was considered as contaminated soil independent variable and dependent variable bean cowpea plant growth (*Vigna unguiculata*) types of Variables, by their nature of evaluating four (4) treatments in four (4) replicates, ago need to be raised under the experimental design called 4 x 4 Latin square.

Was considered important the oil spill in the Peru especially in the Amazon rain forest has generated environmental impacts to the ground leaving unproductive hectares, as well as pollution to the waters of the rivers and streams affecting the flora and fauna of a region, usually occurs by the oil extraction, decontamination does not reach to cover the areas affected depending on the penetration of the oil to the ecosystem. The results are evident that oil is a strong pollutant for the ecosystem or resource soil where it mattered in this case to Chiclayo bean which is a source of protein for people in lower economic resources. When did not apply any doses of oil plant showed all his vigor in their vegetative growing did not give signs of weakness since the soil was not polluted, Camacho was given all the necessary for your growth without problems, 2009, for conditions of Colombia Colombia frejoleras areas does contamination of soil in areas where the hand of man paves its way, while in the part of Cali that represents the frijolera area soils are contaminated with oil when operated change or add fuel causing problems in the physiology of plants.

This research demonstrates how oil for contaminants containing passed to the soil ecosystem damaging pollution that if we would be in a commercial planting of beans would be a risk for production therefore in human form the the farmer economy would

be affected. Bragg, 2008, remember that you floors that can mistakenly be contaminated in human form is should plan their recovery by nitrogen-fixing plants as demonstrated in this research. Soil pollution is not only by spilling oil on the ground but also by wind particles that may come from nearby infecting the resource soil causing serious physiological disorders in the structure of the arable layer of the soil, is especially abused the 0 horizon and the horizon A and B according to the structure of the soil can affect about 50 centimeters.

They conclude that - the control treatment is to say without the implementation of pollutant called oil not affection in the formation of nodules caused by Bradyrhizobium bacteria japonicum present in any kind of soil. -Plants that grew in a non-polluting soil grew vegetatively normally developed its plant physiology - different doses of petroleum-contaminated soils showed weakness in its growth indicating that bacteria from the soil were strongly affected by the pollution caused by the hand of man

-The control treatment is without the implementation of pollutant called not affection oil in the formation of nodules caused by bacteria of Bradyrhizobium japonicum present in any kind of soil. -Plants that grew in a non-polluting soil grew vegetatively normally developed its plant physiology - different doses of petroleum-contaminated soils showed weakness in its growth indicating that bacteria from the soil were strongly affected by the pollution caused by the hand of man fuel oil is a contaminant strong for the soil ecosystem and plant beans can be a remedial plant but at the level of his stubble.

Showed that the bean cowpea plant grows well in a normal soil, while the same plant where it is polluted with diesel has serious problems for growth that would affect the economy of the producer, dedicated to the planting of beans in the ecosystem of shoals of Ucayali. It is also clear with the results found that bacteria that fix atmospheric nitrogen to the soil with the presence of diesel are affected do not allow an efficient symbiotic fixation to the ground.

Key words: Beans, Diesel, pollution, soil

INTRODUCCIÓN

La revolución verde iniciada antes de la década del 50 si bien es cierto trajo adelanto tecnológico, pero es ahí donde comienza la destrucción del suelo, pues la tecnología exigía un alto consumo de los abonos y pesticidas de alto riesgo para lograr altos rendimientos del producto, porque significaba incremento de la economía del productor en aquella época. La explotación de la tierra era mediante los grandes fundos denominados las grandes haciendas y está claro que el productor siembra para ganar, de ahí que hace uso de la tecnología en base a químicos.

Las plagas y enfermedades son otro de los factores que participan en la contaminación del suelo, la atmosfera y el agua para lograr su control efectivo, en forma paralela la tecnología de punta en el agro es sinónimo de contaminación ambiental. Las siembras con tecnología exigen el uso de tierras mecanizadas y es ahí donde existe una contaminación al suelo agrícola al momento de llenar el tanque de combustible, es posible que exista derrame de petróleo, de ahí la importancia de esta investigación simulando el derrame del diésel, lo que ocurre en forma frecuente en los campos de siembra para este caso se escogió al frijol castilla de amplio consumo en la comunidad rural de la costa y selva peruana.

La siembra en suelo derramado con diésel, será comparada con un suelo común y corriente que usaría el agricultor, así como un suelo mejorado con abonos compostado procedente del estiércol de aves especialmente que es lo que más se encuentra en la región Ucayali.

Fue en el año 1992 que el mundo empieza a preocuparse por la alimentación sana para evitar de esa manera la contaminación al suelo, al agua y al ambiente, siendo uno de los contaminantes de cuidado los combustibles de amplio uso en la agricultura moderna, la tecnología de punta es una práctica común en todo el mundo de ahí la importancia de esta investigación, si la planta de frijol crecerá en forma normal en suelos contaminados frente a suelos mejorados que serán simulados en esta investigación. También será oportuno evaluar a la planta de frijol, si actúa en forma normal formando los nódulos radiculares, porque esta especie de frijol que pertenece a la familia de las leguminosas que tienen la propiedad de fijar el nitrógeno atmosférico al suelo constituyéndose, de esa manera como una planta remediadora de un suelo contaminado, esto se

observara al momento de la floración donde la literatura menciona que la planta de frijol castilla se va a encontrar en plena fijación del nitrógeno atmosférico y será el momento oportuno para realizar esta evaluación remediadora para un suelo contaminado con diésel.

El protocolo de investigación consta de cinco (5) capítulos, estos son:

Capítulo I: Planteamiento metodológico

Capítulo II: Marco teórico

Capítulo III: Hipótesis y variables

Capítulo IV: Metodología de la investigación

Capítulo V: Administración del proyecto de investigación.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

Como se mencionó anteriormente existe en el mundo la preocupación por el alto consumo de productos de primera necesidad que se consumen con trazas de contaminantes absorbidos por las raíces en el suelo o llevados por las corrientes de agua como consecuencia del uso de químicos que exige la tecnología de punta que asegura altos rendimientos y economía para el bolsillo del productor.

La densidad del petróleo es aproximadamente de 0,832 kg/L, aproximadamente el 86,1 % del diésel es carbono, y cuando se quema se obtiene un alto poder calorífico, las emisiones de CO₂ del diésel son ligeramente más bajas que la gasolina.

El petróleo está compuesto aproximadamente de un 75% de hidrocarburos saturados especialmente de parafinas donde se incluye a las isoparafinas y cicloparafinas, siendo su fórmula química: C₁₂H₂₆.

También los gobiernos desde los años 1960 exigieron la modificación de la tecnología de los motores diésel, por ejemplo, la inyección a altas presiones, la recirculación de gases o la inyección electrónica han hecho que los motores diésel reduzcan sus emisiones contaminantes de un 80% a un 90% desde 1987.

Además, los gobiernos han exigido a los productores de petróleo reducir las cantidades de metales pesados como el plomo (Pb), mercurio (Hg), cadmio (Cd), por sus efectos a la salud, como ejemplos respectivos) y otros elementos contaminantes, lo que ha obligado a modificar las fórmulas y los procedimientos continuamente. Referente al frijol castilla o también conocido en Ucayali como frijol ojo negro de alto

consumo en las áreas rurales especialmente donde es consumido en grandes escalas, de igual manera es un alimento preferido en las costas del Caribe Colombiano, es una de las especies más importantes para el consumo humano. Se cultiva prácticamente en todo el mundo, siendo la América latina la zona de mayor producción y consumo, se estima que más del 45% de la producción mundial, proviene de esta región donde es considerado como uno de los productos básicos de la nutrición y la economía campesina.

Los arqueólogos mencionan que el frijol común (*Phaseolus vulgaris*) es originario del continente americano, existe evidencias, desde hace 5000 a 8000 años de antigüedad ya se reportan en México, Estados Unidos y Perú.

Referente al valor nutritivo, el frijol es considerado la principal fuente de proteínas para los habitantes de bajos recursos y dentro de los productos básicos en la seguridad alimentaria de las áreas rurales y de bajo ingreso.

El contenido de proteína varía según el genotipo; en general, es de un 24%, superando al maíz y la papa en cantidad y calidad. Además, el frijol es rico en hierro y es una buena fuente de fibra y carbohidratos de ahí la importancia de producirlo libre de contaminantes. Lo mencionado anteriormente hace del frijol una alternativa para el consumo de la región Ucayali.

El crecimiento poblacional y el suministro de alimentos tienen sus limitaciones por ese motivo se debe enfocar esfuerzos de investigación hacia la identificación y evaluación de nuevas fuentes de proteínas para suplir sus necesidades alimenticias para la dieta humana.

1.2. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1.- DELIMITACIÓN ESPACIAL

La investigación se realizó en los campos experimentales de la Universidad Alas Peruanas – Filial Pucallpa, ubicada en la avenida arborización N° 175, distrito de Yarinacocha, Provincia de Coronel Portillo, Región Ucayali.

1.2.2.- DELIMITACIÓN SOCIAL

La investigación realizada tiene socialmente una delimitación en primera instancia a la Universidad Alas Peruanas que participara con el tesista y el equipo de asesores.

También, se involucra a los productores de frijol castilla especialmente de las restingas de Pucallpa donde se caracteriza esta localidad por la producción masiva del frijol castilla.

1.2.3.- DELIMITACIÓN TEMPORAL

La investigación se realizó desde octubre del 2017 con la recopilación de información para la presentación del plan de investigación y culmino en julio del 2018 con la recolección de información de la tesis.

1.2.4.- DELIMITACIÓN CONCEPTUAL

Durante el desarrollo de la tesis fue necesario conocer diferentes conceptos relacionados con la investigación, por ejemplo, el diésel, remediación, leguminosas, plantas fijadoras de nitrógeno diseños experimentales. Los conceptos mencionados y otros que surjan fueron conocidos durante la formación profesional de los cinco (5) años en la Universidad Alas Peruanas.

1.3. PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN

1.3.1.- Problema principal

¿La planta de frijol castilla tendrá el mismo comportamiento morfo fisiológico cuando es sembrado en suelos contaminados con diésel?

1.3.2.- Problemas secundarios

¿El crecimiento de la planta de frijol castilla en un suelo contaminado con diésel, no tendrá ningún problema morfo fisiológico?

¿La presencia de los nódulos del frijol castilla no será afectada cuando crecen en suelos contaminados con diésel?

1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo general

Determinar el comportamiento de la planta de frijol castilla cuando es sembrado en suelos contaminados con diésel.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar el crecimiento de la planta de frijol castilla en un suelo contaminado con diésel, si tendrá problemas morfo fisiológico en su crecimiento.
- Determinar la presencia de los nódulos del frijol castilla si serán afectados cuando crecen en suelos contaminados con dosis de diésel.

1.5. HIPÓTESIS Y VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1. HIPÓTESIS ALTERNA

El cultivo del frijol Castilla, (*Vigna unguiculata L*) tiene un comportamiento positivo frente a suelos contaminados con diésel

1.5.2. HIPÓTESIS NULA

El cultivo de frijol Castilla, (*Vigna unguiculata L*) tiene un comportamiento negativo frente a suelos contaminados de diésel.

1.5.3. VARIABLES (DEFINICIÓN CONCEPTUAL Y OPERACIONAL)

A. Definición Conceptual

– Contaminación

Contaminación del recurso suelo cuando es alterado en sus estructuras físico y/o mecánico que va a impedir el crecimiento normal de un ser vivo.

– Frijol Castilla

Especie vegetal que crece vegetativamente y produce en un suelo rico en materia orgánica y que no fue alterado por contaminante alguno.

– Bacterias fijadoras de nitrógeno

Seres vivos del género *Bradyrhizobium japonicum*, que habitan en el suelo y permite la fijación simbiótica del nitrógeno del aire y lo deposita en el suelo y parte usa para su crecimiento y producción.

– **Diésel**

Carburante derivado del petróleo, empleado por los vehículos para este caso por los tractores agrícolas con fines de preparación mecanizada de un suelo.

– **Derrame**

Líquido que se cae al suelo en forma inconsciente.

B. Definición Operacional

Cuando se trata de definir la operacionalización de las variables, para esta investigación la variable independiente se refiere al suelo contaminado a quien afectara al crecimiento de la planta de frijol, donde se va a detectar el efecto, evaluando las características propias del crecimiento de frijol en un suelo normal, en un suelo mejorado con estiércol y en un suelo contaminado simulando dos (2) dosis de contaminación al suelo por el combustible del tipo diésel.

Con la información obtenida de cada variable dependiente se aplicará la metodología de investigación haciendo uso de las medidas de tendencia central (promedio, sumatoria, media y mediana), también se aplicará las medidas de variabilidad principalmente la desviación estándar.

Además, se aplicará el diseño experimental de cuadrado latino 4 x 4, por ser el que más se adecua al experimento. (Little y Hills, 1985).

Obtenido los análisis de varianza se determinará la significación estadística y para las variables con significación estadística se aplicará la prueba de medias de tuckey al nivel del 5%.

Mientras que para la aceptación o rechazo de las hipótesis se aplicara una prueba de hipótesis y la prueba de chi cuadrado (χ^2). (Little y Hills, 1985)

Tipos de Variables:

Cuadro N° 01. Variables en estudio

Variables	Dimensiones	Indicadores
Variable independiente (x)		
Suelo contaminado	Terreno o suelo	Metros cuadrados
Variable dependiente (Y)		
Comportamiento en el crecimiento del frijol castilla		
1. Germinación	Salida de raíces	Emergencia %
2. Valor agronómico	Frondosidad de la planta	Escala:
		1. Buen aspecto fenotípica
		2. Regular aspecto fenotípico
		3. Mala presencia fenotípica
3. Altura de planta	Crecimiento 15 días	Centímetros
	Crecimiento a 30 días	Centímetros
	Crecimiento a 45 días	Centímetros
4. Floración	Salida de la flor	N° de días
5. Nodulación	Presencia de nódulos a los 15 días	Número
	Presencia de nódulos a los 30 días	Número
	Presencia de nódulos a los 45 días	Número
Actividad Nodular a los 15 días	Coloración	1. Rojo
Actividad Nodular a los 30 días		2. Blanco
Actividad Nodular a los 45 días		3. Violeta
		4. Verde

1.6. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

1.6.1.- TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

a) Tipo de investigación

El tipo de investigación corresponde al tipo experimental. (Hernández *et al*, 1987)

b) Nivel de investigación

El nivel de investigación es el correlacional: Causa-efecto (Hernández *et al* 1987)

1.6.2.- MÉTODO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

a. Método de la investigación

El método de la investigación a usar es el método: Lógico - Inductivo (Hernández *et al*, 1997)

b. Diseño de la investigación

La investigación por su naturaleza de evaluar cuatro (4) tratamientos en cuatro (4) repeticiones, hace necesario ser planteado bajo el diseño experimental:

Cuadrado latino 4 x 4

El análisis de varianza corresponde

Cuadro N° 02. Modelo estadístico de aplicación.

F.V	G. L	S.C	C.M	Fc	Ft	Sing.
Hilera	3					
Columna	3					
Error	9					
Total	15					

Leyenda:

Fv: Fuentes de variación

Gl: Grados de libertad

SC: Suma de cuadrados

CM: Cuadrado medio

Fc: Fisher calculado

Ft: Fisher tabla

Sign: Significación

Modelo matemático : $Y_{ijk} = \mu + H_i + C_j + \epsilon_{ijk}$

Donde:

Y_{ijk} : Variable respuesta

μ : Media

H_i : i ésimo Hileras

C_j : j ésimo columna

ϵ_{ijk} : Error aleatorio

Cuadro N° 03. Tratamientos en estudio

Clave de campo	Tratamiento
1	Tierra vegetal (testigo)
2	Materia orgánica
3	Tierra + diésel 1 L
4	Tierra + diésel 2 L

Columnas = Repeticiones: 4

N° de parcelas por repetición= 4

N° de tratamientos= 4

Cuadro N° 04. Distribución de las parcelas en el campo experimental.

R I = 4	2	1	3
R II = 3	4	1	2
R III = 2	1	3	4
R IV = 2	3	1	4

1.6.3. POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN

a) Población

La población según Hernández *et al* 1987, debe mantener características similares, por lo tanto, la población lo constituye una (1) hectárea de frijol castilla sin contaminación de diésel, una (1) hectárea en un suelo con materia orgánica, una (1) hectárea en suelo contaminado con 1L diésel y una (1) hectárea de suelo contaminado con 2L.

b) Muestra

Como muestra se considera 10 plantas por tratamiento en 4 repeticiones donde: 40 plantas en un suelo sin contaminantes, 40 plantas en un suelo con materia orgánica, 40 plantas de un suelo contaminado con un litro de diésel y 40 plantas de un suelo contaminado con 2 litros de diésel, resultando un total de 160 plantas.

1.6.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

a) Técnicas

Camas de siembra

b) Instrumentos

Se realizo toma de fotografías de los trabajos de limpieza y evaluaciones realizadas, usando los siguientes instrumentos:

- Cámara fotográfica.
- Impresora.
- Palanas.
- Balanza.
- Cuestionarios.
- Registros.
- Meteorológicos.
- Registros de precipitación.

1.6.5. JUSTIFICACIÓN, IMPORTANCIA Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.

a. Justificación

El derrame de petróleo en el Perú especialmente en la amazonia ha generado impactos ambientales al suelo dejando hectáreas improductivas, así como la contaminación a las aguas de los ríos y quebradas afectando a la flora y fauna de una región, generalmente se produce por la extracción del petróleo, la descontaminación no alcanza a cubrir las áreas afectadas dependiendo de la penetración del crudo al ecosistema.

Pero es necesario disminuir el impacto ambiental al suelo con el uso de plantas, enzimas, microorganismos para ello se tiene que evaluar previamente y ya existe estrategias para remediar un suelo contaminado con diésel y tratar de restaurar este tipo de suelos contaminados de ahí la justificación de aplicar la tecnología del uso de plantas remediadoras como las especies de la familia de las leguminosas que las reportan como plantas mejoradoras del suelo por el nitrógeno atmosférico que aportan al recurso suelo, mediante las bacterias nitrificantes que se encuentran en el suelo.

Perú es conocido como un país petrolero especialmente en la amazonia tropical, por lo tanto, se tiene áreas contaminadas con crudo de petróleo, todo esto justifica evaluar a una especie que además de absorber el carbono aportara nitrógeno, lo que justifica esta investigación.

De igual manera se cuenta con otras especies de leguminosas como los frijoles, los pallares, el maní, la soya el trébol que son otras especies alternativas para ser evaluadas en la región.

Se tiene que considerar que el suelo es un recurso activo biológicamente donde habitan microorganismos benéficos para la agricultura y uno de ellos es el frijol Castilla, que forma parte de esta investigación, en el suelo los derivados de la biomasa se transforman con el tiempo en materia orgánica disponible para las plantas, pero esto ocurre en un suelo sin problemas, lo que se quiere observar como es el comportamiento de un suelo contaminado con combustible, esto justifica la realización de esta investigación, de esa es una alternativa para incorporar suelos a la agricultura especialmente en los

suelos que pertenecen a las comunidades nativas del país, donde el recurso petróleo es explotado en grandes extensiones, todo esto justifica realizar esta propuesta de investigación, favoreciendo a los pequeños productores del país y a toda persona interesada en este tipo de cultivo.

Se tiene que recordar que los suelos proporcionan soporte físico y nutriente para el crecimiento de las plantas y los microorganismos como son bacterias, actinomicetos, hongos, algas y protozoos, que siempre están presentes en los suelos variando en población.

b. Importancia

Esta investigación es importante porque de los resultados obtenidos será una alternativa para recuperar un suelo contaminado con diésel, hay que tener en cuenta 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, se realiza en la primera capa arable de la superficie del suelo, la aireación, los nutrientes disponibles y la retención de agua, la actividad biológica, así como las propiedades más importantes, la humedad, estado de aireación, composición química, fracción de arcilla, capacidad de intercambio de cationes y fracción orgánica, las partícula afecta a la química de la superficie de los suelos y al tamaño de los poros, todo esto será afectado con la contaminación del petróleo de ahí la importancia de esta investigación que se presenta para realizar.

c. Limitaciones

Durante el desarrollo de esta investigación no se presentó limitante alguna, durante la fase de campo solamente fenómenos naturales como las precipitaciones sin mayor peligro. Tal vez la falta de disponibilidad de información al respecto para enriquecer los antecedentes fue un ligero inconveniente pero no de mayor envergadura.

Tampoco se presentó limitante durante la fase de campo solamente fenómenos naturales.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. Antecedentes Internacionales

- Torres *et al.* (2009), en un trabajo de investigación titulado: “*Biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos*”. *Universidad Nacional de Medellin, Colombia*, menciona que, la contaminación de suelos por la industria petrolera debe ser remediados y recuperados ecológicamente mediante microorganismos, de igual manera menciona que en suelos de textura arcillosos y arenosos, deben mezclarse productos orgánicos para favorecer la Biorremediación. Además, agrego que los tratamientos ex-situ como in-situ son alternativa para destruir el contaminante, los tratamientos ex-situ fueron los que dieron los mejores resultados, esto permite controlar las variables. El tratamiento in situ es el recomendado para suelos permeables afectados en los horizontes subsuperficiales. Indicaron también que la velocidad de la biorremediación dependerá de su concentración, de determinadas características del suelo (disponibilidades de oxígeno y de nutrientes, pH, humedad y temperatura), es necesario conocer bien las características edáficas del suelo y el nivel de contaminación que presenta, para recuperar de esa manera las características biológicas y morfológicas.
- Orozco y Soria (2008), evaluando el trabajo de investigación denominado: “*Biorremediación de vegetación contaminada con petróleo por derrames en el campamento garumo-petroproducción. Rio Bamba – Ecuador*”. Informaron que los microorganismos durante la degradación de hidrocarburos juegan un rol importante, al inicio del tratamiento podemos ver un valor $(5,4 \times 10^6$

UFC/gramo), como valores iniciales a medida que avanza el tiempo aumento la actividad microbiana, el estudio duro seis meses, a medida que incrementa la cantidad de microorganismos mayor será la degradación de los hidrocarburos. La vegetación en seis meses no llega a biorremediarse por la población microbiana natural, para ello se debe agregar nutrientes, aireación y humectación periódica del área tratada. Se demostró que agregar compostaje es eficiente y económico en el proceso de biorremediación de vegetación contaminada con petróleo. El tratamiento de biorremediación agregando compostaje para estimular la zona afectada fue efectivo, se determinó una disminución del hidrocarburo similar a los límites permisibles en el reglamento ambiental para los hidrocarburos.

- Méndez (2002), en su trabajo de investigación: “*Efectos de la contaminación con petróleo sobre los caracteres de la nodulación en el cultivo de frijol (Vigna unguiculata L. Walp)*, en dos suelos del estado de Monaga, Venezuela”; menciona que no hubo la producción de nódulos radiculares con el 6%, de contaminación, lo que indica que la contaminación con hidrocarburos obstruye la fijación de nitrógeno atmosférico, que demuestra que la asociación Rhizobium-Leguminosa, es negativa cuando el petróleo es derramado en el suelo.
- Días (2011), en su investigación para obtener el grado de doctor, titulado: “*Biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos en clima frío y templado. Ensayo y evaluación de distintas estrategias*”. En la Universidad Nacional de la Plata. Argentina; concluyo que la aplicación de estrategias de biorremediación a suelos contaminados con problemas de contaminación con hidrocarburos es posible va a favorecer la remoción de los contaminantes, esta técnica debe ser bien analizada para cada caso en particular, no aplicarlo a todos los sitios, por los factores biológicos como la flora autóctona y su compleja repuesta a un inóculo externo. Las propiedades del suelo y su historia de contaminación, entre otros factores, son el éxito o el fracaso de proceso.
- Lladó (2012), en su trabajo de investigación denominado: “*Biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos pesados y caracterización de comunidades microbianas implicadas*”. Barcelona-España. El trabajo realizo

análisis químicos, microbiológicos y toxicológicos, en un suelo contaminado por aceites minerales, para determinar la biodegradabilidad e incremento de las poblaciones microbianas y efectos toxicológicos, los resultados concluyen que la adición de nutrientes inorgánicos y del biosurfactante MAT10 y con la aplicación de un inoculante bacteriano específico para la degradación de hidrocarburos agregando a ello además la incorporación de una cepa del hongo de la podredumbre blanca de la madera y otras especies llamado el *Trametes versicolor*, conocido como el degradador de hidrocarburos. Al cabo de 200 días de los tratamientos se apreció en todos ellos degradaciones que variaron entre el 30 y el 50%, de los hidrocarburos totales del petróleo (TPH). El hongo *Trametes versicolor*, destacó significativamente logrando los mejores resultados en lo referente a la bioestimulación del suelo como la inoculación de *Trametes versicolor*.

- Buendía (2012), en una investigación denominada “*Biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos mediante compost de aserrín y estiércoles*”, de que los suelos contaminados con hidrocarburos y agregado aserrín y estiércol orgánico disminuyó 22.5% de hidrocarburos presentes en el suelo. El tratamiento solo estiércol disminuyó el 16.5%, mientras que el tratamiento aserrín solo disminuyó el 9.6%. El tratamiento estiércol orgánico más aserrín en la fertilización del maíz, tuvieron en promedio 36.80 centímetros de altura de planta, en contraste a los tratamientos de suelos contaminados donde se aplicó solo estiércol las plantas crecieron un promedio de 24.48 cm, mientras que el tratamiento solo aserrín alcanzaron un promedio de 22.14 cm. Además, indica que la especie *Zea mays* (maíz) es una especie para evaluar la contaminación de los suelos con hidrocarburos, siendo la altura de la planta, peso de la biomasa seca y fresca son buenos indicadores. El maíz, presentó mayor altura de planta, mayor peso seco foliar, y peso seco radicular, para el tratamiento contaminado con hidrocarburos y que fueron tratados con mezcla de estiércol y aserrín.
- Petenello y Feldman, (2012) En la investigación titulada: “Evaluación de la tolerancia a suelos contaminados con aceite diésel en especies vegetales con potencial biorremediador, realizado en Universidad Nacional de Rosario, Argentina”, determinaron que los suelos contaminados con petróleo son posible de ser remediados empleando organismos vivos vegetales tales

como plantas, que tienen la propiedad de mineralizar estos compuestos convirtiéndolas en otros más simples. Se sugiere el uso de plantas nativas ya adaptadas a las condiciones ecológicas de la zona. Estos autores probaron a las especies *Spartina argentinensis*, *Paspalum atratum*, *Paspalum guenoarum* y *Melilotus albus* a la presencia de aceite diésel, se evaluó la germinación de sus semillas, la emergencia de plántulas y la biomasa alcanzada en suelos que contenían 1 y 2 % de aceite diésel, en condiciones experimentales. Todos los parámetros evaluados, fueron afectados con las concentraciones de contaminante empleadas, pero todas prosperaron demostrando en consecuencia que podrían ser empleadas en proyectos de Fitorremediación.

- Hernández *et al.* (2004), en su investigación titulada: *Caracterización del suelo y plantas de un sitio contaminado con hidrocarburos* Departamento de Suelos, Universidad Autónoma Chapingo. México. Mencionan que los primeros trabajos que deben realizarse en suelos contaminados que se pretendan biorremediar es su análisis químico, físico y biológico; los resultados indicaran la estrategia a seguir para remediar el sitio contaminado. Con la finalidad de determinar las plantas que crecen en un suelo contaminado con petróleo, se escogió un sitio en Minatitlán, Veracruz. Se seleccionaron al azar nueve puntos de muestreo, se tomó un suelo modal, se realizó un perfil y se describió su morfología. Los resultados muestran que las plantas que crecen en este suelo contaminado con hidrocarburos son *Chamaecrista nictitans*, *Panicum sp.*, *Cynodon sp.* Y *Andropogon sp.* Las propiedades químicas y físicas del suelo fueron: fracción predominante, arena; contenido de materia orgánica, de pobre a media; bajo contenido de sales; capacidad de intercambio catiónico y por ciento de saturación de bases, bajos. Estas características permiten que estos suelos contaminados sean factibles de remediar biológicamente. Las concentraciones de hidrocarburos totales del petróleo en el suelo variaron de 400 a 367 000 mg kg⁻¹; los análisis microbiológicos mostraron que las poblaciones más altas de hongos hidrocarbonoclastas (HC's) se localizaron en la rizosfera de *Panicum sp.*, mientras que las poblaciones más altas de bacterias fijadoras de N atmosférico (BFNA) y BFNA HC's, en la rizosfera de *Chamaecrista nictitans*.

- Camacho (2009), menciona que para condiciones de Colombia para las zonas frijoleras no presenta contaminación del suelo en zonas donde la mano del hombre prepara su terreno, mientras que en la parte de Cali que representa a la zona frijolera los suelos son contaminados con petróleo cuando el operador cambia o agrega combustibles originando problemas en la fisiología de las plantas.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

- Petenello y Feldman, (2012) en su artículo científico. *“Evaluación De La Tolerancia A Suelos Contaminados con Aceite Diésel en Especies Vegetales con Potencial Biorremediador”*; reporto que suelos contaminados con hidrocarburos, es factible la fitorremediación con el uso de microorganismos rizosféricos que los mineralizan total o parcialmente. Es factible el uso de estos microorganismos e suelos que están medianamente contaminados con petróleo o sus derivados.
- Canasa (2010), reporto en la investigación denominada: *“Remediación de suelos contaminados en operaciones de perforación y manejo del petróleo crudo en la Selva Peruana”*; que las medidas biocorrectivas son técnicas de descontaminación, como resultado de los procesos de biodegradación. Las técnicas tradicionales son de fácil aplicación y sus costos son bajos para nuestro país para mejorar los suelos contaminados con hidrocarburos. En el país para el caso de la refinería La Pampilla en el año 1999 dio inicio al proyecto “Biopilas” para mejorar suelos de playa contaminados por hidrocarburos y subproductos de petróleo, mientras que en Lobitos (Talara), se aplicó concentraciones de TPH del 30,5% empleando la técnica del “Landfarming” con buenos resultados aceptables, pero a un alto costo. Además, se reporta trabajos de remediación, en el oleoducto Nor - Peruano, en Andoas - Loreto, mediante el uso de plantas forestales con resultados atractivos.
- Cananahuay (2018), reporta en ejecución una investigación para la remediación de un suelo contaminado con diésel con la especie de frijol castilla (*Vigna unguiculata*). Este mismo autor cita en su plan de investigación

que la fitorremediación presenta varias clasificaciones según su actividad fisiológica de las plantas frente a los contaminantes, se tiene plantas que van a remover contaminantes inorgánicos acumulándose en sus tejidos, las plantas son utilizadas como un “sistema de bombeo” de agua contaminada mediante el proceso de transpiración. Además, define al hidrocarburo como un compuesto de tipo orgánico producto de la combinación de átomos de hidrogeno con átomos de carbono. Estas cadenas pueden ser abiertas o cerradas y lineales o ramificadas, cuando el hidrocarburo se extrae en estado líquido de una formación geológica, se conoce como petróleo. La planta de frijol castilla (*Vigna unguiculata L*), es una especie que tiene la propiedad de fijar el nitrógeno de la atmosfera e incorporarlo, pero en condiciones normales del suelo, cuando existe derrames de productos ajenos a la flora microbiana del suelo es posible que este se vea perjudicado en sus características morfológicas. El frijol en estudio tiene la característica de ser rico en proteínas y es un alimento de primera necesidad en las poblaciones rurales especialmente.

El frijol castilla presenta la siguiente morfología:

- Raíz: Tiene un sistema radicular desarrollado, presenta una raíz principal y raíces secundarias.
- Tallos: Los tallos son delgados, débiles, angulosos, y de alturas variables, que determinan el porte de la planta.

Existen variedades precoces o de maduración uniforme (70 días). La raíz es de tipo pivotante, puede llegar hasta 1.95 m, e profundidad.

- Tallos y Ramas: Los tallos y las ramas tienen forma cilíndrica sin pubescencia y huecos, su color dependerá de la especie. Las ramas se inician en la parte basal del tallo y comienza a los 15 o 20 días después de la emergencia.
- Hojas: Las hojas son unifoliadas y crecen de manera opuesta, las hojas verdaderas son trifoliadas. La forma de los folíolos es lineal, lanceolada u ovalada.

El área foliar se incrementa a medida que crece la planta.

- Inflorescencia y flor: La floración se inicia en la axila de las hojas y el tallo en la parte media de la planta y luego continúa hacia arriba y hacia abajo. Las crecen en pequeños racimos y según la variedad, son: blancas, blancas con manchas moradas, moradas o amarillas.
- Fruto: Es una vaina su tamaño vario de 10 a 25 cm. de longitud y de 1.5 a 3.2 cm. de diámetro, contiene de 6 a 21 granos por vaina.
- Semilla: Presenta una cubierta contiene a los cotiledones, el embrión y el hilo u ojo de semilla. Son de colores variados como: crema, marrón rojizo, negro y en algunas variedades presentan manchas pequeñas de diferente tamaño, su forma es oval y cuadrada. El tamaño se determina por el peso de 100 semillas.

El suelo es la capa superficial de la tierra de profundidad variable, la conforman partículas minerales, organismos vivos, materia orgánica, agua y sales, generalmente son componentes de la meteorización de rocas, descomposición de restos vegetales y acción de microorganismos. (Ríos 2002).

El suelo este formado de tres fases: sólida (50%), líquida y gaseosa. Siendo una de las clasificaciones de suelos el tamaño de las partículas que forman la fase sólida.

La materia orgánica y los compuestos minerales se organizan en el espacio generando una estructura porosa, donde puede haber agua o aire, En el agua que contiene los poros hay sales minerales y nutrientes por mes se desarrolla la actividad metabólica de los microorganismos del suelo. Cada año llega al suelo cantidades de compuestos químicos, realizando la contaminación del suelo. (Ulrici, 2000, citado por LLado, 2012).

En el suelo, la transformación de los contaminantes es posible, gracias a los agentes físicos y químicos o puedan biodegradarse por los microorganismos

del suelo. La contaminación por combustión origina una contaminación difusa afectando a la atmósfera, pero se puede acumular al suelo debido a la precipitación y lixiviado (Casellas et al., 1995, citado por LLado 2012).

Los hidrocarburos están presentes en el suelo en forma de mezclas complejas formando fases líquidas no acuosas. El petróleo son mezclas formadas por compuestos de hidrocarburos, debido a la fosilización o diagénesis de restos orgánicos a elevada presión y temperatura. Además, contienen derivados hetero atómicos sulfurados, nitrogenados y oxigenados y también metales como hierro, vanadio, níquel, en forma de complejos organometálicos.

La composición química del petróleo puede presentar gran variabilidad, pero siempre son las mismas familias de hidrocarburos, en mayor o menor medida. El petróleo contiene hidrocarburos saturados, de n-alcanos e isoprenoides, así como cicloalcanos. Contienen el número máximo de hidrógenos posibles. Además, contiene hidrocarburos aromáticos, mono (con un anillo bencénico) o policíclicos (con más de uno), representan entre un 1 y un 20% de los hidrocarburos totales en la mayoría de los crudos.

Los compuestos polares (resinas y asfáltenos), más pesantes, con azufre, nitrógeno y/o oxígeno y pueden contener también metales. Debido a la destilación del crudo de petróleo, se producen fracciones, que permite conocer las diferencias entre los hidrocarburos que forman estas fracciones, lo cual es necesario entender su destino ambiental y para prever la dificultad en un proceso de biorremediación.

Estas diferencias, a nivel estructural, lleva a diferentes comportamientos en relación con la adsorción a las partículas del suelo y solubilidad en el agua, estos procesos hacen de la descontaminación, un proceso menos complicado y/o costoso. En los suelos contaminados por diésel, existe compuestos más pesados en comparación a los suelos contaminados con gasolina, los compuestos son: n-alcanos e isoprenoides (parafinas), cicloalcanos (naftenos) y aromáticos. Los más abundantes son los cicloalcanos.

La biodegradación de hidrocarburos se reporta para condiciones aeróbicas, así como anaeróbicas. El oxígeno, las reacciones clave para la biodegradación de hidrocarburos están catalizadas por oxigenasas tanto en hongos como en bacterias, que actúan incorporando átomos de oxígeno, procedentes de oxígeno molecular (O₂), al sustrato. Las mono oxigenasas incorporan un solo átomo de oxígeno y el otro es reducido a agua, mientras que las di oxigenasas incorporan ambos átomos de oxígeno.

La degradación de hidrocarburos alifáticos, son los compuestos alifáticos que se degradan más rápido en una mezcla de hidrocarburos (Atlas, 1981, citado por LLado, 2012). Tanto en hongos como en bacterias, el paso clave para la biodegradación de este tipo de hidrocarburos es un mono oxigenación inicial de la cadena hidrocarbonada. Una alternativa es la presencia de nutrientes inorgánicos (nitrógeno, fósforo, potasio) como aceptores de electrones es básica para un proceso de biorremediación.

Suelos contaminados, donde el carbono orgánico es alto, debido a la naturaleza del contaminante, los nutrientes se agotan en forma rápida. (Breedveld & Sparrevik, 2001, citado por LLado, 2012). Los hidrocarburos en el petróleo se degradan más rápido, pero en forma aeróbica o como aceptor de electrones. Además, los hidrocarburos adsorben a los minerales, como arcillas del suelo, y a la materia orgánica, así como a los ácidos húmicos. Cuando más demora el hidrocarburo en el suelo, mayor será su adsorción y disminuye su extracción, ya sea química o biológica.

Los suelos contaminados con hidrocarburos presentan limitaciones al planear una biorremediación. Los sustratos hace variar la relación C:N, incrementando el crecimiento microbiano de enzimas que participan en la degradación de hidrocarburos (Lu et al., 2011, citado por LLado 2012).

Pero también el efecto de los sustratos se puede tornar negativo al competir como carbono disponible y energía con el contaminante en el suelo (Quantin et al., 2005, citado por LLado 2012). Para la descontaminación de suelos se han utilizado diferentes especies de plantas para ensayos de toxicidad se ha investigado con la lechuga (*Lactuca sativa* o *Lemma minor*). Como resultado se determinó inhibición de crecimiento y letalidad de una muestra ambiental en embriones del anuro *Xenopus laevis*.

2.2. BASES TEÓRICAS.

Esta investigación tiene como bases teóricas las siguientes teorías:

Mejoramiento de un suelo, para ello se necesita conocer el contaminante en este caso el diésel llamado comercialmente petróleo que haya penetrado a un suelo, se requiere conocer la teoría de la contaminación como los componentes del diésel penetran al suelo mezclando toda la capa superficial produciendo reacciones químicas de esa manera altera al ecosistema suelo. Es necesario conocer la teoría de la fijación simbiótica del nitrógeno atmosférico que se produce gracias a las bacterias del género *Bradyrhizobium japonicum*, que infectan a las raíces de las plantas logrando atraer el nitrógeno del aire y depositarlo al suelo y parte utilizan para su composición. Además, se debe conocer la teoría de los combustibles especialmente al diésel como contamina al suelo mediante derrame o rellenar el tanque de combustible de un tractor agrícola cuando se encuentra en plena faena de preparación de un suelo. Finalmente es necesario conocer la teoría de la familia de plantas leguminosas que se caracteriza por ser plantas que van a remediar o mejorar a un suelo.

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

- Remediación: dar remedio a algún problema para prevenir el riesgo ecológico.
- Diésel: El carburante o combustible diésel, también conocido como petróleo.
- Dosis: Medida de exposición o cantidad de algo para su uso.
- Planta: Especie agroforestal.
- Hectárea: Unidad de medida superficial.
- Frijol castilla: Especie que crece vegetativamente y produce en un suelo rico en materia orgánica y que no fue alterado por contaminante alguno.
- Leguminosas: Familia de planta de los frijoles.
- Nódulo: Es una asociación simbiótica entre leguminosas y bacterias (risobios) que se genera en las raíces.
- Fijación simbiótica: Proceso de conversión del nitrógeno de la atmósfera, en forma molecular relativamente inerte (N_2), en compuestos nitrogenados.

- Nitrógeno: Elemento químico de número atómico 7, masa atómica 14,007 y símbolo N.
- Reacciones químicas: Es aquel proceso químico en el cual dos sustancias o más, denominados reactivos, por la acción de un factor energético, se convierten en otras sustancias designadas como productos.
- Microorganismos: Son aquellos seres vivos más diminutos que únicamente pueden ser apreciados a través de un microscopio.
- Capa arable: Nivel superior del suelo destinado a cultivo, puede oscilar entre 10-50 centímetros, en general.
- Mejoramiento: Fortalecimiento de una actividad para mayor rendimiento.

CAPÍTULO III

PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

3.1. RESULTADOS

Los resultados se aprecian en los Cuadros del número 5 al 16 que se dan en los anexos de este informe, en este rubro del informe se dan los resultados en las Figuras del número 01 al 06, la Figura N° 01, da los resultados para la germinación de las semillas de la especie *Vigna unguiculata*, la prueba preliminar de germinación que se realizó, las semillas germinaron en un 100%, este resultado era de esperarse. Ya en la ejecución del trabajo de campo para determinar cómo estaba influenciando los tratamientos bajo control.

Figura N° 01, se muestra con un 90% de germinación indicando claramente que destaco el tratamiento sin contaminante. También muestra que el tratamiento sin aplicación de diesel mantiene una germinación al 90% % de las semillas puestas a crecer, mientras que los tres (3) tratamientos evaluados presentan inconvenientes en la salida del embrión de la semilla de frijol.

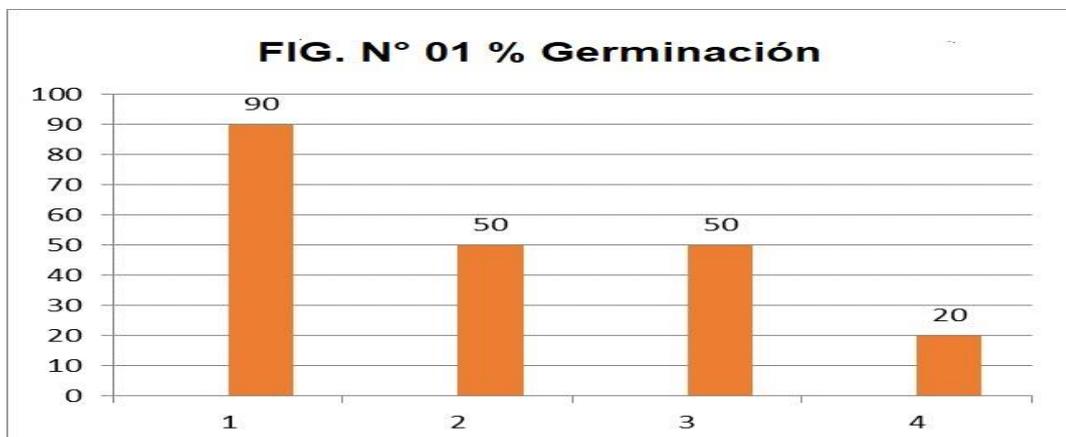
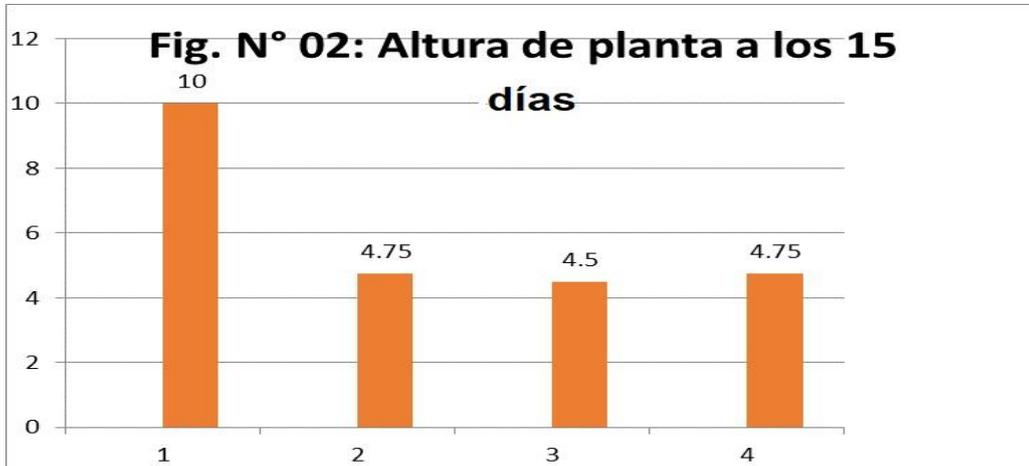
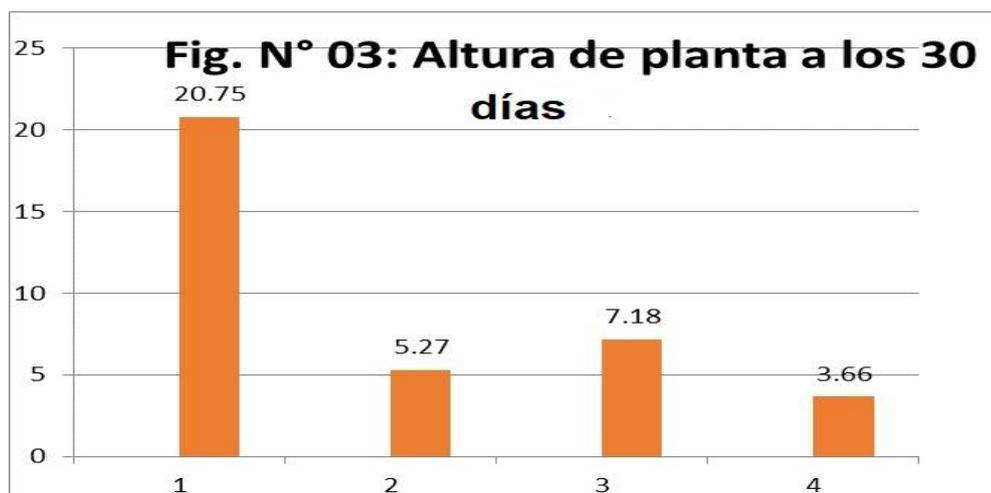


Figura N° 02, se muestra la evaluación de la altura (cm) de las plantas a los 15 días de edad donde claramente se observa que el tratamiento (1) testigo esta en su mayor esplendor en comparación con los tratamientos (3 y 4) que contienen el contaminante de diésel en el suelo.



La Figura N° 03, que sigue a continuación expresa la segunda medición de la altura de planta medida en centímetros desde la base del suelo a la última punta de su crecimiento llamado agrónomicamente el ápice del crecimiento, es elocuente notar que el tratamiento 1 o tratamiento testigo continua demostrando una mayor altura de planta a los 30 días de sembrado en la bolsa, este tratamiento testigo no está infectado con diésel, mientras que los otros dos tratamientos (3 y 4) tienen el suelo contaminado con diésel y los resultados son desalentadores para los tratamientos mencionados anteriormente.



La Figura N° 04, cuando se midió la altura de planta a los 45 días y fue la evaluación final era de esperarse que el tratamiento testigo sin aplicación de diésel, tuvo el mayor crecimiento con un promedio de 24.23 cm de altura.



Figura N° 05, se muestra que a los 15 días ya se notaba la salida de los nódulos pequeños y según la teoría las bacterias que conformen a los nódulos que se encuentran en cualquier tipo de suelos rápidamente empiezan a inundar en las raíces de las plantas, esto indica las diferencias para cada tratamiento.

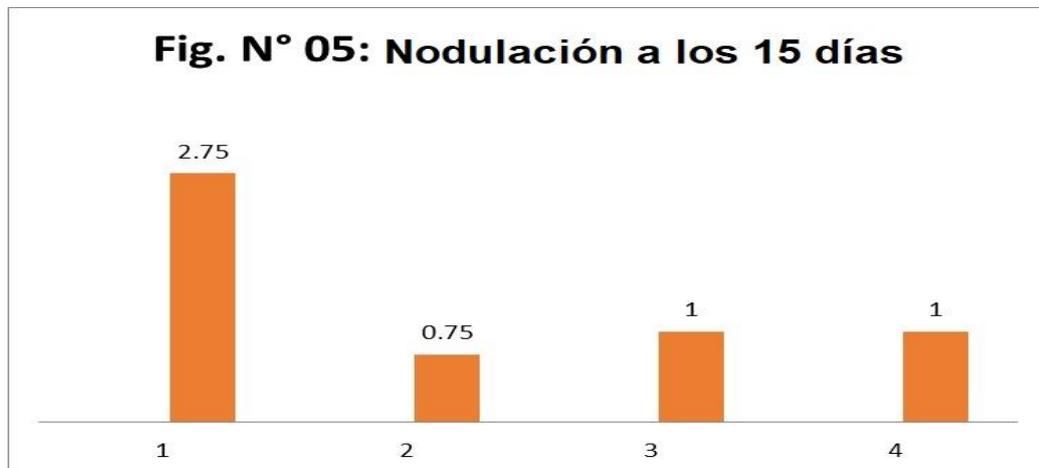
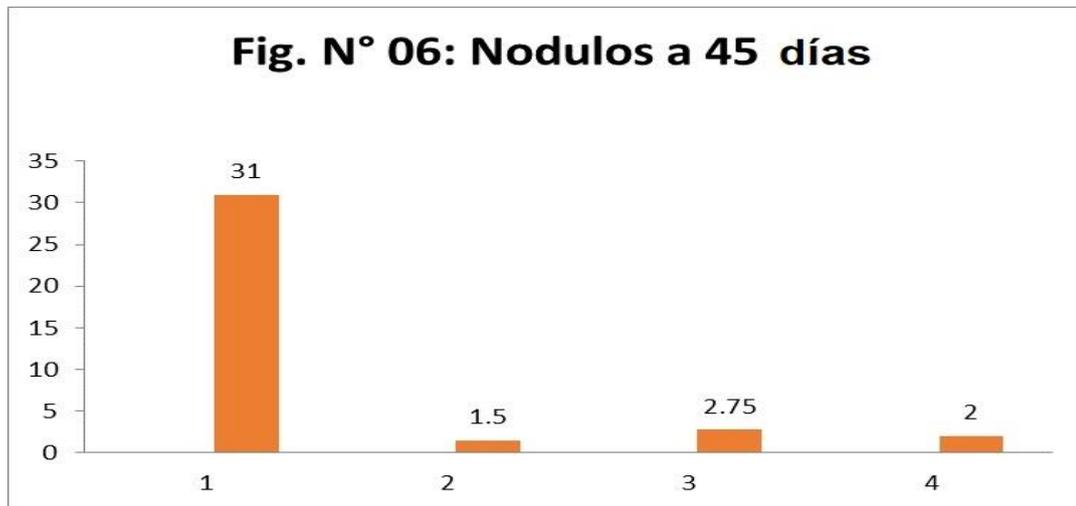


Figura N° 06, es evidente que el tratamiento testigo sin la adición de petróleo las bacterias han crecido en forma normal por lo tanto es de esperarse que la planta de frijol Castilla, (*Vigna unguiculata* L) desarrolle su fisiología en forma normal al margen de otros problemas que puedan estar ocurriendo en el ecosistema suelo. A los 45 días los nódulos se encontraban en plena fijación del nitrógeno. La pobreza de la invasión de nódulos en los tratamientos contaminados con diésel causado por la mano del hombre es evidente que ocurre algo con las bacterias que deben realizar la función de fijadoras de nitrógeno al suelo para remediar su estructura del ecosistema suelo, seriamente

afectado por la contaminación, simulada en esta investigación. Donde se infectó un suelo con dos diferentes cantidades de diésel.

Esta simulación es lo que ocurre realmente en suelos mecanizados por lo general en la costa peruana y en el ecosistema de restinga de la amazonia peruana.



Los resultados para el análisis estadístico para determinar si hubo diferencias significativas entre los tratamientos estudiados, los análisis indican que hubo diferencias estadísticas entre el tratamiento (1) con los otros (2, 3 y 4). Mientras que para los tratamientos (3 y 4) que contenían diferentes cantidades del combustible diésel no hubo diferencias significativas en los tratamientos estudiados, esto indicaría que un suelo que contenga este contaminante afectaría a la proliferación de los nódulos.

3.2. DISCUSIÓN

- En la investigación realizada se usó materia orgánica a base de gallinaza no hubo un buen desarrollo de la planta es posible que la degradación del compostaje aun le faltaba y puede haber afectado a los microorganismos bacterianos del suelo al respecto Buendía (2012), en una investigación denominado “*Biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos mediante compost de aserrín y estiércoles*”, de que los suelos contaminados con hidrocarburos y agregado aserrín y estiércol orgánico disminuyo 22.5% de hidrocarburos presentes en el suelo. El tratamiento solo estiércol disminuyo el 16.5%, mientras que el tratamiento aserrín solo disminuyo el 9.6%. El tratamiento estiércol orgánico más aserrín en la fertilización del maíz, tuvieron en promedio 36.80 centímetros de altura de planta, en contraste a los tratamientos de suelos contaminados donde se aplicó solo estiércol las plantas crecieron un promedio de 24.48 cm, mientras que el tratamiento solo aserrín alcanzaron un promedio de 22.14 cm.
- Los resultados demuestran que el diésel es una fuente contaminante para el ecosistema o recurso suelo donde afectara en este caso al frijol castilla o caupi (*Vigna unguiculata* L) que es una fuente de proteínas para la población de menores recursos económicos. Cuando no se aplicó ningún contaminante de diésel el frijol castilla o caupi (*Vigna unguiculata* L) demostró todo su vigorosidad en su pleno crecimiento vegetativo y no dio muestras de una debilidad ya que el suelo no estaba contaminado, se le dio todo lo necesario para su crecimiento sin problemas, al respecto Camacho 2009, para condiciones de Colombia para las zonas frijoleras no presenta contaminación del suelo en zonas donde la mano del hombre prepara su terreno, mientras que en la parte de Cali que representa a la zona frijolera los suelos son contaminados con diésel cuando el operado cambio o agrega combustibles originando problemas en la fisiología de las plantas.
- Esta investigación demuestra como este contaminante pasa al ecosistema suelo perjudicando en forma antrópica la siembra comercial de frijoles, esto sería un riesgo para la producción por lo tanto la economía del agricultor estaría siendo afectada. Bragg, 2004, recuerda que los suelos que por error pueden ser contaminados en forma antrópica se debe planificar su recuperación mediante plantas fijadoras de nitrógeno como se demuestra en esta investigación.

- Este informe es un alto a los problemas de contaminación al recurso suelo que puede ser ocasionados en forma antrópica en los suelos de restinga del río Ucayali, donde se produce una serie de cultivos de pan llevar, que debe considerar siempre la presencia de maquinaria que no tenga problemas fuga de petróleo.
- Los resultados se han obtenido en la investigación realizada en la Universidad Alas Peruanas – Filial Pucallpa, cuando fue evaluado el frijol castilla (*Vigna unguiculata*), simulando la siembra en bolsas de polietileno donde se contaminó con diferentes cantidades de diésel y aplicando estiércol orgánico (sustrato natural), además como testigo se usó tierra agrícola extraída de un terreno que el agricultor del ecosistema de restinga usa para la siembra de sus cultivos de pan llevar, la información obtenida con los instrumentos indicados presentan que la planta de frijol crece sin ningún problema fisiológico en suelos no contaminados.
- Los resultados obtenidos en las nodulaciones del tratamiento (3 y 4) presentaron un serio deterioro en la formación de los nódulos en comparación con el tratamiento (1) Así como Méndez (2002), menciona en su trabajo de investigación: “Efectos de la contaminación con petróleo sobre los caracteres de la nodulación en el cultivo de frijol (*Vigna unguiculata* L. Walp), en dos suelos del estado de Monaga, Venezuela”; menciona que no hubo la producción de nódulos radiculares con el 6%, de contaminación, lo que indica que la contaminación con hidrocarburos obstruye la fijación de nitrógeno atmosférico, que demuestra que la asociación *Rhizobium*-Leguminosa, es negativa cuando el petróleo es derramado en el suelo.
- Para el caso de la investigación en la germinación se usó al frijol castilla o caupi (*Vigna unguiculata*) para determinar el crecimiento en suelo contaminado por diésel en 2 cantidades de 1 litro y 2 litros respectivamente. Al respecto no se encontró diferencias significativas entre los tratamientos (3 y 4) estudiados.
- Según Petenello y Feldman, (2012) En la investigación titulada: “Evaluación de la tolerancia a suelos contaminados con aceite diésel en especies vegetales con potencial biorremediador, realizado en Universidad Nacional de Rosario, Argentina”, Estos autores probaron a las especies *Spartina argentinensis*, *Paspalum atratum*, *Paspalum guenoarum* y *Melilotus albus* a la presencia de aceite diésel, se evaluó la germinación

de sus semillas, la emergencia de plántulas y la biomasa alcanzada en suelos que contenían 1 y 2 % de aceite diésel, en condiciones experimentales.

- En el caso del frijol castilla o caupi su potencial remediador hacia el contaminante no tendrá efecto por la alta concentración del contaminante de diésel que tenía el suelo provocando que la etapa de nodulación y de crecimiento se vean afectados. Hernández, Gutiérrez, Rubiños y Alvarado (2004), en su investigación titulada: Caracterización del suelo y plantas de un sitio contaminado con hidrocarburos Departamento de Suelos, Universidad Autónoma Chapingo. México. Mencionan que los primeros trabajos que deben realizarse en suelos contaminados que se pretendan biorremediar es su análisis químico, físico y biológico; los resultados indicaran la estrategia a seguir para remediar el sitio contaminado. Con la finalidad de determinar las plantas que crecen en un suelo contaminado con petróleo, se escogió un sitio en Minatitlán, Veracruz. Se seleccionaron al azar nueve puntos de muestreo, se tomó un suelo modal, se realizó un perfil y se describió su morfología. Los resultados muestran que las plantas que crecen en este suelo contaminado con hidrocarburos son *Chamaecrista nictitans*, *Panicum sp.*, *Cynodon sp.* y *Andropogon sp.*
- Según Petenello y Feldman, (2012) en su artículo científico. “Evaluación De La Tolerancia A Suelos Contaminados con Aceite Diésel en Especies Vegetales con Potencial Biorremediador”; reporto que suelos contaminados con hidrocarburos, es factible la fitorremediación con el uso de microorganismos rizosféricos que los mineralizan total o parcialmente. Es factible el uso de estos microorganismos y suelos que están medianamente contaminados con petróleo o sus derivados. Las técnicas tradicionales son de fácil aplicación y sus costos son bajos para nuestro país para mejorar los suelos contaminados con hidrocarburos.
- Según Cananahuay (2018), reporta en ejecución una investigación para la remediación de un suelo contaminado con diésel con la especie de frijol castilla *Vigna unguiculata*. Este mismo autor cita en su plan de investigación que la fitorremediación presenta varias clasificaciones según su actividad fisiológica de las plantas frente a los contaminantes, se tiene plantas que van a remover contaminantes inorgánicos acumulándose en sus tejidos, las plantas son utilizadas como un “sistema de bombeo” de agua contaminada mediante el proceso de transpiración. Además, define al hidrocarburo como un compuesto de tipo orgánico producto de la combinación de átomos de hidrogeno con átomos de carbono.

- También se indica que la planta de frijol (*Phaseolus vulgaris* L), es una especie que tiene la propiedad de fijar el nitrógeno de la atmosfera e incorporarlo, pero en condiciones normales del suelo, cuando existe derrames de productos ajenos a la flora microbiana del suelo es posible que este se vea perjudicado en sus características morfológicas. El frijol en estudio tiene la característica de ser rico en proteínas y es un alimento de primera necesidad en las poblaciones rurales especialmente.
- Finalmente hay que tener en cuenta que el suelo es la capa superficial de la tierra de profundidad variable, la conforman partículas minerales, organismos vivos, materia orgánica, agua y sales, generalmente son componentes de la meteorización de rocas, descomposición de restos vegetales y acción de microorganismos. (Ríos 2002). El suelo este formado de tres fases: sólida (50%), líquida y gaseosa. Siendo una de las clasificaciones de suelos el tamaño de las partículas que forman la fase sólida.
- La materia orgánica y los compuestos minerales se organizan en el espacio generando una estructura porosa, donde puede haber agua o aire, En el agua que contiene los poros hay sales minerales y nutrientes por mes se desarrolla la actividad metabólica de los microorganismos del suelo. Cada año llega al suelo cantidades de compuestos químicos, realizando la contaminación del suelo. (Ulrici, 2000, citado por LLado, 2012).
- Los resultados para las variables evaluadas, referente a las dos (2) dosis de petróleo usado no han presentado diferencias estadísticas.

3.3. CONCLUSIONES

- Los suelos contaminados con diferentes dosis de petróleo presentaron debilidad en su crecimiento lo que indica que las bacterias del suelo (*Bradyrhizobium japonicum*) fueron fuertemente afectadas por la contaminación originada por el combustible versus el tratamiento testigo es decir sin la aplicación del diésel.
- La germinación y crecimiento de las plántulas muestran un porcentaje muy bajo con los diferentes tratamientos (diésel 1 L y diésel 2 L) realizados, por lo que se demuestra la afección muy grave por parte del diésel.
- La formación en porcentaje de nódulos bacterianos se reduce considerablemente con los tratamientos 3 y 4 (diésel 1 L y diésel 2 L.), esto demuestra que las bacterias son muy susceptibles al diésel.
- Las bacterias que fijan nitrógeno atmosférico se ven afectadas con la presencia de diésel y no permiten una fijación simbiótica de nitrógeno de manera eficiente, por lo que la planta no adquiere un desarrollo normal.

3.4. RECOMENDACIONES

- No recomendar siembras de frijol caupí o castilla (*Vigna unguiculata*), en suelos donde se ha producido derrames de petróleo.
- Se recomienda que para estudios similares se debe concentrar en evaluar la remediación del suelo contaminado con otra especie que no sea el frijol caupí.
- La materia orgánica que usar deberá estar descompuesta para evitar efectos de calentamiento que perjudican tanto la germinación como el crecimiento de frijol.
- Replicar la investigación en condiciones similares para fortalecer el resultado. Un solo experimento no bastaría para tomar como un logro definitivo; por lo que la presente tesis contribuye como efecto multiplicador al mejor manejo de la especie frijol castilla.
- Considerar, que en una posterior investigación se evalué hasta la producción.
- Repetir la investigación, hacer similares, pero llegando a evaluar hasta la etapa de la producción.

3.5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Bragg. A. (2004). Informe Técnico, Lima Perú

Buendía R. (2012). “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,]. Lima, Perú.

Camacho. MLH. (2009). Manual de Leguminosas CRI. Tibaitata, Colombia.

Cananahuay, T. M (2018) Tesis Ingeniero ambiental- UAP - Filial Pucallpa “Fitorremediación de un suelo contaminado con petróleo en diferentes dosis, con el uso de frijol *Vigna unguiculata* L., en Yarina cocha, Pucallpa, 2017”. Pucallpa-Peru. (inédito)

Canasa C.A. (2010), “Remediación de suelos contaminados en operaciones de perforación y manejo del petróleo crudo en la selva peruana”; nos dice en sus conclusiones que las medidas biocorrectivas o los sistemas de biorremediación.

Díaz LR. (2011), en su trabajo de tesis doctoral: “Biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos en clima frío y templado. Ensayo y evaluación de distintas estrategias”. Universidad Nacional de la Plata. Argentina.

Emapacopsa. (2017). Informe Técnico. Ucayali, Perú

Hernández, R.; Fernández, C.; Baptista, P. (1997). *Metodología de la Investigación*. México: Mc Graw-Hill.

Hernández, Gutiérrez, Rubiños y Alvarado (2004), *Caracterización del suelo y plantas de un sitio contaminado con hidrocarburos* Departamento de Suelos, Universidad Autónoma Chapingo. México.

Holdrich. (1982). Recuperado el día 11 de noviembre del 2017. Disponible en la página web:

Little y Hills. (1985). Metodología de la investigación. México

Lladó, F. S. (2012). Biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos pesados y caracterización de comunidades microbianas implicadas. UNIVERSIDAD DE BARCELONA ESPAÑA.

Méndez N. (2002), “Efectos de la contaminación con petróleo sobre los caracteres de la nodulación en el cultivo de frijol (*Vigna unguiculata* L. Walp), en dos suelos del estado de Monaga, Venezuela

- Orozco y Soria (2008)**, en sus tesis de grado, “Biorremediación de vegetación contaminada con petróleo por derrames en el campamento garumo-petroproducción. Rio Bamba –Ecuador.
- Petenello, M. C, Feldman, S. R. (2012)**. “Evaluación De La Tolerancia A Suelos Contaminados con Aceite Diésel en Especies Vegetales con Potencial Biorremediado”;
- Polo, OCA. (2016)**. Entrevista personal. Pucallpa, Perú
- Ríos, DO. (2002)**. Suelos Tropicales. Informe técnico. Yurimaguas. Loreto, Perú.
- Salazar, E 2010. Informe Tecnico. Cultivo de frijo caraota en las restingas del rio Ucayali. Pucallpa
- Sanchezchez CH.; REYES C. (1987)** *Metodología y Diseños de la Investigación Científica. Perú*. Tercera Edición.
- Senamhi L. (2016)**. Lima. Perú.
- Torres, K.; Delgado, S, Zuluaga, T. (2009)**, en su trabajo de grado para obtener el título de ingeniero químico: “Biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos”. Universidad Nacional de Medellín, Colombia,
- Zumaeta, R.H. (2009)**. Los carburantes, Lima. Perú

3.6. ANEXOS

Cuadro N° 05. Nodulación a los 15 días de la siembra.

TRATAMIENTOS	REPETICIÓN				SUMATORIA	PROMEDIO
	I	II	III	IV		
1	3	5	2	1	11	2.75
2	2	1	0	0	3	0.75
3	0	0	0	0	0	0
4	1	2	0	1	4	1
SUMATORIA	6	8	2	2	18	4.5
PROMEDIO	1.5	2	0.5	0.5		

Cuadro N° 06. Análisis de varianza de la nodulación a los 15 días.

Fv	GI	Sc	CM	Fc	Ft	sig. 5%
hileras	3	16.25	5.41	7.22	5.391	**
columnas	3	6.75	2.25	3		
error	9	6.75	0.75			
total	15	29.75				
Tc.	20.25					

Cuadro N° 07. Nodulación a los 45 días de la siembra.

TRATAMIENTOS	REPETICIÓN				SUMATORIA	PROMEDIO
	I	II	III	IV		
1	23	12	35	54	124	31
2	2	1	2	1	6	1.5
3	2	3	3	3	11	2.75
4	2	2	3	1	8	2
SUMATORIA	29	18	43	59	149	37.25
PROMEDIO	7.25	4.5	10.75	14.8		

Cuadro N° 08. Análisis de varianza para la nodulación a los 45 días de la siembra.

Fv	GI	Sc	CM	Fc	Ft	Sig. 5%
hileras	3	2511.6875	837	2.162	5.391	**
columnas	3	236.1875	78.7	0.203		
error	9	3485.4375	387			
total	15	29.75				
Tc.	1387.5625					

Cuadro N° 09. Germinación de semillas.

REPETICIONES					sumatoria	promedio
Tratamientos	I	II	III	IV		
1	10	9	9	9	37	9.25
2	4	2	8	7	21	5.25
3	5	7	7	1	20	5
4	3	3	2	1	9	2.25
sumatoria	22	21	26	18	87	21.75

Cuadro N° 10: Análisis de varianza de la germinación

Fv	GI	Sc	CM	Fc	Ft	sig. 5%
hileras	3	99.6875	33.2291667	7.10995542	5.391	**
columnas	3	8.1875	2.72916667	0.58395245		
error	9	42.0625	4.67361111			
total	15	149.9375				
Tc.	473.0625					

Cuadro N° 11. Datos de campo para la altura de planta a los 15 días en cm.

TRATAMIENTOS	I	II	III	IV	SUMATORIA	PROMEDIO
1	12	11	8	9	40	10
2	7	3	5	4	19	4.75
3	8	2	3	5	18	4.5
4	5	6	3	5	19	4.75
SUMATORIA	32	22	19	23	96	24
PROMEDIO	8	5.5	4.75	5.75		

Cuadro N° 12. Análisis de varianza para la altura de planta a los 15 días.

ALTURA DE PLANTA A LOS 15 DIAS						
F.V	G.L	SC	CM	Fc	FT	SIG. EST.
HILERAS	3	85.5	28.5	12.2142857	5.39	ns
COLUMNAS	3	23.5	7.83	3.35714286	5.39	*
ERROR	9	21	2.33			
TOTAL	15	130				
TC	576					

Cuadro N° 13. Altura de planta a los 30 días.

Tratamiento					Σ	μ
Repetición 1	I	II	III	IV		
1	17.8	22.56	20.11	22.56	83.03	20.7575
2	5.25	2	7.6	6.25	21.1	5.275
3	6.14	6.14	5.71	10.75	28.74	7.185
4	6.67	5	2	1	14.67	3.6675
Σ	35.86	35.7	35.42	40.56	147.54	36.885

Cuadro N° 14: Análisis de varianza para la altura de planta a los 30 días

Fv	Gl	Sc	CM	Fc	Ft	sig. 5%
hileras	3	734.593625	244.864542	33.40303158	5.391	**
columnas	3	4.526675	1.50889167	0.205834441		
error	9	65.975475	7.33060833			
total	15	805.095775				

Cuadro N° 15: Altura de planta a los 45 días

Tratamiento					Σ	μ
Repetición 1	I	II	III	V		
1	21.7	25.89	23.33	26	96.92	24.23
2	10	7	11.38	9.71	38.09	9.5225
3	8	7.14	6.71	10	31.85	7.9625
4	5.75	6.33	11	1	24.08	6.02
Σ	45.45	46.36	52.42	46.71	190.94	11.93375

Cuadro N° 16: Análisis de varianza para la Altura de planta a los 45 días

Fv	Gl	Sc	CM	Fc	Ft	sig. 5%
hileras	3	831.02063	277.00688	34.522376		
columnas	3	7.527925	2.5093083	0.3127261		
error	9	72.215825	8.0239806			
total	15	910.76438				

Figura N°1. Preparación del campo donde se realiza el tratamiento.



Figura N° 2. Embolsando uno de los tratamientos, materia orgánica.



Figura N° 3 y 4. Proceso de la plantación de las semillas en sus respectivos tratamientos.



Figura N° 5 y 6. Primer tratamiento con tierra agrícola.



Figura N°6. Segundo tratamiento que materia orgánica.



Figura N°7. Tercer tratamiento que contiene 1L de diésel.



Figura N°8. El cuarto tratamiento que contiene 2 L de diésel.



Figura N°9. Evaluaciones respectivas en el campo.

