

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**DIVISIÓN DE INGENIERÍA**

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL SUELO**



**EFFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN DEL SUELO POR TRES PRODUCTOS  
DIFERENTES DE HIDROCARBUROS SOBRE LA GERMINACIÓN Y  
CRECIMIENTO DE DOS ESPECIES VEGETALES**

**Por:**

**CLAUDIA NAYELI GUERRA GUERRA**

**TESIS**

**Presentada como Requisito Parcial para**

**Obtener el Título de:**

**INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Junio 2016

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**DIVISIÓN DE INGENIERÍA**

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL SUELO**

**EFFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN DEL SUELO POR TRES PRODUCTOS  
DIFERENTES DE HIDROCARBUROS SOBRE LA GERMINACIÓN Y  
CRECIMIENTO DE DOS ESPECIES VEGETALES**

**Por:**

**CLAUDIA NAYELI GUERRA GUERRA**

**TESIS**

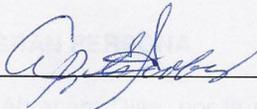
**Que somete a consideración del H. Jurado Examinador como  
requisito para obtener el título de:**

**INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL**

**Aprobado por el Comité de Asesoría:**



M.C. Juan Manuel Cepeda Dovala  
ASESOR PRINCIPAL



M.C. Alejandra del Rosario Escobar Sánchez

COASESOR



Dr. Ángel Romualdo Cepeda Dovala  
COASESOR



M.C. Fidel Maximiano Peña  
Ramos  
COASESOR

Universidad Autónoma Agraria  
"ANTONIO NARRO"



Dr. Lujs Samaniego  
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN  
DE INGENIERÍA

**Coordinación de  
Ingeniería**

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A LA UAAAN**

Por el conocimiento que forjó durante mi estancia, por la formación profesional y por formar parte de una etapa tan importante en mi vida.

### **A COMIMSA**

Por abrirme las puertas para la realización de este proyecto, por enseñarme que siempre debemos estar a la vanguardia e innovación para atender las demandas de un medio ambiente sustentable y haberme permitido conocer a personas excepcionales.

### **A MIS ASESORES**

Juan Manuel Cepeda Dovala, Alejandra Rosario Escobar Sánchez, Fidel Maximiano Peña Ramos y Ángel Romualdo Cepeda Dovala, muchas gracias por el apoyo brindado para la realización de este trabajo, el conocimiento, experiencias y consejos que me transmitieron durante estos 5 años.

### **A LA DOCTORA ALMA PATRÍCIA GARCÍA VILLANUEVA**

Por el apoyo en la realización de los experimentos, y por la colaboración durante todo el proyecto.

### **A UNA GRAN PERSONA**

Gracias Abraham Díaz, por la gran amistad durante estos años, por siempre estar cuando te necesite, por el apoyo y consejos; y por ser el más grande amigo que pude pedir.

### **A MIS AMIGOS**

Alejandro, Gustavo, Rubén, Enrique, Julio, Sócrates y Andrés, por formar parte importante durante mi estancia, por cada platica, regaño, cuidado y consejo. A mis amigas, Florina, Lucía, Dulce, María, Gabriela, Ivoon, Karla y Xitlali, las mejores mujeres que he conocido.

## **A MÍ PRIMA**

Gracias Rosa Elena por ser el mejor ejemplo a seguir, por ser como ese hermano mayor que nunca tuve.

## **DEDICATORIA**

### **A DIOS**

A ti que me diste la vida, una familia y el tiempo para alcanzar cada una de mis metas, gracias por el pasado, presente y el futuro.

### **A MIS PADRES**

Para ustedes, Josefina y Sacramento, porque siempre han creído y confiado en mí, gracias por haberme dado la vida y cada maravilloso e inolvidable momento a su lado, los quiero mucho.

### **A MIS HERMANOS**

Luis, Omar, Marcela, Sacramento y Susana, este trabajo es para ustedes que desde siempre han sido mis fuerzas para vivir, mi inspiración y mi fe.

### **A MIS ABUELOS**

Mercedes, Isabel, Cirilo y Raúl; ustedes que promovieron el amor por mis raíces y formar parte de mi inspiración e impulsarme hacia el cuidado por la naturaleza y el trabajo.

### **A MIS SOBRINOS**

Luis Ángel, Joselín, Alán y Yudel, el mejor regalo que me han dado mis hermanos y amigos.

### **A MIS TÍOS**

A ustedes que siempre confiaron y apoyaron desde pequeña.

## ÍNDICE DEL CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	III
DEDICATORIA .....	V
ÍNDICE DE TABLAS .....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
ÍNDICE DE CUADROS.....	IX
RESUMEN.....	10
ABSTRACT.....	11
I. INTRODUCCIÓN .....	12
II. OBJETIVO .....	14
III. HIPÓTESIS.....	14
IV. REVISIÓN DE LITERATURA.....	15
4.1. Concepto de Contaminación del suelo .....	15
4.2. Naturaleza de los contaminantes.....	15
4.3. Fases terminales de los contaminantes en el suelo .....	16
4.4. Contaminación por hidrocarburos.....	16
4.5. La contaminación en México .....	17
4.6. Impactos ambientales de la industria petrolera en México .....	18
4.7. Papel de las plantas en el ecosistema.....	20
4.8. Efectos producidos por los hidrocarburos en las plantas.....	21
4.9. Efectos del contaminante sobre la vegetación en zonas cultivadas .....	21
4.10. Especies con potencial a desarrollarse en sitios contaminados .....	22
4.11. Concepto, tipos y aplicaciones de bioensayos .....	23

4.12.	Bioensayos de germinación de semillas y crecimiento de Plantas en suelos contaminados.....	24
4.13.	Descripción general de las especies vegetales de la familia <i>Poaceae</i> ...	25
4.14.	Taxonomía y descripción de las especies <i>Lolium Perenne</i> y <i>Cynodon Dactylon</i> .....	27
V.	MATERIALES Y MÉTODOS .....	30
5.1.	Localización del Sitio Experimental .....	30
5.2.	Materiales .....	31
5.3.	Diseño Experimental.....	32
5.4.	Tratamientos.....	33
5.5.	Metodología .....	34
5.5.1.	Recolección del suelo.....	34
5.5.2.	Selección de semillas .....	34
5.5.3.	Caracterización del suelo .....	35
5.5.4.	Contaminación de la muestra de suelo .....	36
5.6.	Ensayos de viabilidad .....	36
5.7.	Desarrollo del experimento .....	37
VI.	RESULTADOS.....	38
VII.	CONCLUSIÓN .....	41
VIII.	LITERATURA CITADA.....	42

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Impacto ambiental producido por la industria petrolera al suelo y biota (INE 1993).....	19
<b>Tabla 2.</b> Clasificación y descripción de la especie <i>Lolium Perenne</i> (Canals et al 2009; Sánchez-Ken et al 2012).....	27
<b>Tabla 3.</b> Clasificación y descripción de la especie <i>Cynodon Dactylon</i> (Canals et al 2009; Sánchez-Ken et al 2012).....	28
<b>Tabla 4.</b> Distribución de los tratamientos.....	33
<b>Tabla 5.</b> Tipo y cantidad de contaminante, respecto a cada especie Vegetal. ....	33
<b>Tabla 6.</b> Resultados de la caracterización del suelo.....	35
<b>Tabla 7.</b> Resultados de las pruebas de germinación del material vegetativo después de las 3 semanas de evaluación. ....	37

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Principales causas de Emergencias Ambientales en el medio terrestre reportadas a PROFEPA 2014. ....	18
<b>Figura 2.</b> Familias más representativas para desarrollarse bajo condiciones de contaminación por hidrocarburos. ....	23
<b>Figura 3.</b> Localización geográfica de la empresa (COMIMSA) donde se desarrolló el experimento. ....	31
<b>Figura 4.</b> Efectos de los contaminantes sobre la germinación de la especie vegetal con respecto al Testigo. ....	40
<b>Figura 5.</b> Efectos de los contaminantes en el crecimiento de la especie vegetal con respecto al Testigo. ....	41

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Análisis de Varianza correspondientes a la variable Germinación. ....	39
<b>Cuadro 2.</b> Comparación de medias respecto a la variable germinación ....	39
<b>Cuadro 3.</b> Análisis de Varianza correspondiente a la Variable Altura. ....	40
<b>Cuadro 4.</b> Comparación de medias respecto a la variable altura ....	40

## RESUMEN

La contaminación es un grave problema que ha afectado a varios de nuestros recursos naturales, de los que dependemos directamente, ya sea para alimentarnos, por medio de la agricultura o para la creación de satisfactores como lo son bienes y servicios, cada una de estas actividades trae consigo una serie de efectos a todos los recursos.

El suelo es un recurso sumamente importante, del cual dependen muchas actividades, sustenta a un sinnúmero de plantas, microorganismos, y seres vivos; razón por la cual es primordial su cuidado.

La contaminación de suelo por hidrocarburos y sus productos representan un grave problema que afecta y destruye la vegetación de los sitios.

El presente trabajo analizó los efectos de un suelo contaminado con tres productos distintos hidrocarburos en dos especies vegetales, *Cynodon Dactylon* y *Lolium Perenne*.

Los resultados del experimento revelaron que efectivamente los contaminantes afectaron a las especies vegetales, ya que los tratamientos correspondientes al pasto *Cynodon Dactylon* no germinaron inicialmente, caso contrario a la segunda especie, que germinó y creció bajo las mismas condiciones.

**Palabras clave:** contaminación del suelo, productos de hidrocarburos, especies vegetales.

Correo electrónico; Claudia Nayeli Guerra Guerra, [nayelijpgg@gmail.com](mailto:nayelijpgg@gmail.com)

## ABSTRACT

The pollution is a serious problem which has already affected several of our natural resources on which we depend directly, either to feed ourselves, through agriculture or for the creation of satisfactions as are goods and services, each one of these activities brings with it a range of effects to all resources.

The soil is a resource that is extremely important, which depend on many activities, sustains a without a number of plants, microorganisms, and living beings; why is paramount your care.

The contamination of soil by hydrocarbons and their products represent a serious problem that affects and destroys the vegetation of the sites.

The present study analyzed the effects of polluted soil with three products different hydrocarbons in two plant species, *Cynodon dactylon* and *Lolium perenne*.

The results from the experiment revealed that effectively the pollutants affected the plant species, as appropriate treatments to grass *Cynodon dactylon* not germinated initially, case contrary to the second species, which germinated and grew up under the same conditions.

With regard to the results of the analysis of variance of the analyzed treatments showed highly significant differences.

**Keywords:** Contamination of soil, hydrocarbon products, plant species.

## I. INTRODUCCIÓN

La contaminación del suelo hoy en día es uno de los principales problemas ambientales que afecta directamente a los recursos naturales; las fuentes de contaminación generalmente son muy diversas, teniendo efectos importantes en la biodiversidad y economía de un país.

Se denomina Suelo Contaminado, a la porción de un terreno, sea superficial o subterráneo, cuya calidad ha sido alterada por entrar en contacto; directo o indirecto, con residuos o productos peligrosos.

Hay dos principales causas que rigen la contaminación del suelo, una de ellas ocurre de forma natural y la otra es por efecto de la actividad del ser humano siendo directa o indirectamente la principal causa de contaminación.

La contaminación del suelo se debe en su mayor parte a la industrialización, al creciente uso de químicos, la falta de gestión y control por parte de las empresas; además de los gobiernos y su irracional explotación de los recursos.

Cuando la contaminación llega a un nivel crítico, ocurre que las sustancias nocivas se acumulan y se vuelven tóxicas para toda clase de organismo, ocasionando la pérdida parcial o incluso total de la productividad del suelo y no solo de este recurso sino que al interactuar el en el suelo junto con otros factores, puede llegar a los mantos freáticos provocando daños al recurso hídrico.

La vegetación en estos sitios siempre suele ser la más afectada, ya que hay una gran disminución en la variedad de especies, dificultando su supervivencia e incidiendo enormemente en el ecosistema vegetal de la zona contaminada.

Las plantas son esenciales en los ecosistemas porque son las responsables de transformar la energía solar en energía química, al tiempo que absorben dióxido de carbono suministrando alimento y oxígeno al resto de los organismos.

Uno de los componentes más importantes de los ecosistemas terrestres son las plantas ya que proporcionan refugio a numerosos organismos y participan de forma primordial en el reciclaje de nutrientes y en la estabilización de los suelos.

El daño a las plantas por los contaminantes puede afectar directamente a un ecosistema, al reducir la producción primaria, incrementar el lavado, la erosión del suelo y degradar el hábitat de la vida silvestre.

Los efectos letales de la contaminación sobre las plantas pueden significar pérdidas ecológicas y económicas muy importantes.

Los ensayos de toxicidad o bioensayos con semillas evalúan los efectos de los contaminantes en el proceso de germinación y en el desarrollo de las plántulas durante los primeros días de crecimiento, determinando físicamente si el contaminante interactúa en las distintas etapas y los efectos visibles que le ocasiona a las plantas utilizadas.

## II. OBJETIVO

Analizar los efectos provocados por tres productos diferentes de hidrocarburos en la germinación y crecimiento de dos especies vegetales, *Cynodon Dactylon* y *Lolium Perenne*.

## III. HIPÓTESIS

Comprobar los efectos que producen los contaminantes de hidrocarburos en dos especies de la familia Poaceae, *Cynodon Dactylon* y *Lolium Perenne*, especies resistentes a condiciones de contaminación.

## **IV. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **4.1. Concepto de Contaminación del suelo**

Crosara (2012) define al suelo contaminado como aquel que ha superado su capacidad de amortiguación para una o varias sustancias y como consecuencia pasa de ser un sistema protector a ser la causa de problemas para todo ser que convive e interactúa con él.

Bravo (2007) cita que la contaminación de suelo provoca la destrucción de los microorganismos del suelo, produciéndose un desequilibrio ecológico general.

Según Atilio (2005) Un suelo se puede degradar al acumularse en él sustancias en niveles tales que repercuten negativamente en su comportamiento.

Las sustancias, a esos niveles de concentración, se vuelven tóxicas para los organismos del suelo tratándose de una degradación química que provoca la pérdida parcial o total de la productividad del suelo, distinguiéndose entre contaminación natural, frecuentemente endógena y contaminación antrópica, siempre exógena.

### **4.2. Naturaleza de los contaminantes**

Bravo (2007) cita la naturaleza de los contaminantes cuyo origen es la explotación petrolera, además enfatiza que por cada tipo de contaminación se produce distinto tipo de impacto a la biodiversidad y al ambiente. A continuación son numerados:

1. Contaminantes de naturaleza química, incluye al petróleo crudo y sus componentes, que ingresan al ambiente a través de las distintas prácticas operacionales, los químicos que se usan para facilitar la extracción petrolera, los compuestos asociados al crudo, entre otros.

2. De naturaleza Sonora, por las detonaciones que tienen lugar en la prospección sísmica y por el funcionamiento de la maquinaria petrolera y;
3. De naturaleza lumínica generada en la quema de gas.

#### **4.3. Fases terminales de los contaminantes en el suelo**

La mayoría de los contaminantes derivados de hidrocarburos llegan en tres principales fases al suelo:

1. Fase del producto libre.
2. La fase de sorción, en la cual el contaminante es adsorbido o se adhiere a las partículas de suelo y a los intersticios en la matriz geológica y;
3. La fase de soluto, en la cual el contaminante se disuelve en el agua subterránea.

#### **4.4. Contaminación por hidrocarburos**

Saval (2007), cita los principales productos derivados de hidrocarburos que pueden contaminar el suelo, agua y aire, que son: el crudo, gas seco, y licuado, gasolinas, querosenos, diésel, gasóleos, combustóleos, asfaltos, grasas y lubricantes.

La distribución de productos a través de ductos, pipas y almacenamiento en grandes tanques presenta un alto riesgo por las posibilidades de fugas y derrames que afectan principalmente al suelo, flora y cuerpos de agua adyacentes al sitio.

Saval (2007), menciona también que cuando ocurre un derrame en suelo o en cuerpos de agua, los contaminantes inmediatamente tienden a dispersarse hacia donde el medio físico lo permite. Las características físico-químicas del contaminante, así como del sitio determinan su permanencia. En el caso de la contaminación en suelos los combustibles no siempre se ven pero huelen,

dependiendo del tipo, algunos únicamente son detectados por análisis químicos. Un ejemplo son los derrames de petróleo crudo y residuos de perforación que son completamente visibles por su color y aspecto, siendo estos los que más daño ocasionan a los ecosistemas.

#### **4.5. La contaminación en México**

INE (2007), señala que todos los eventos en los que se encuentran involucradas sustancias que implican algún riesgo para el ambiente o la población; y que puedan generar la contaminación del suelo y cuerpos de agua, son conocidos como emergencias ambientales.

De acuerdo con estadísticas de PROFEPA (2014), se reportaron en México un promedio de 1,020 emergencias ambientales asociadas con materiales y residuos peligrosos, de los cuales el 98.5% correspondiente a 1,005 reportes, ocurrieron en el medio terrestre y 1.5% (15 reportes) en el medio marino, las cuales se presentaron principalmente en el transporte y plantas (**Figura 1**).

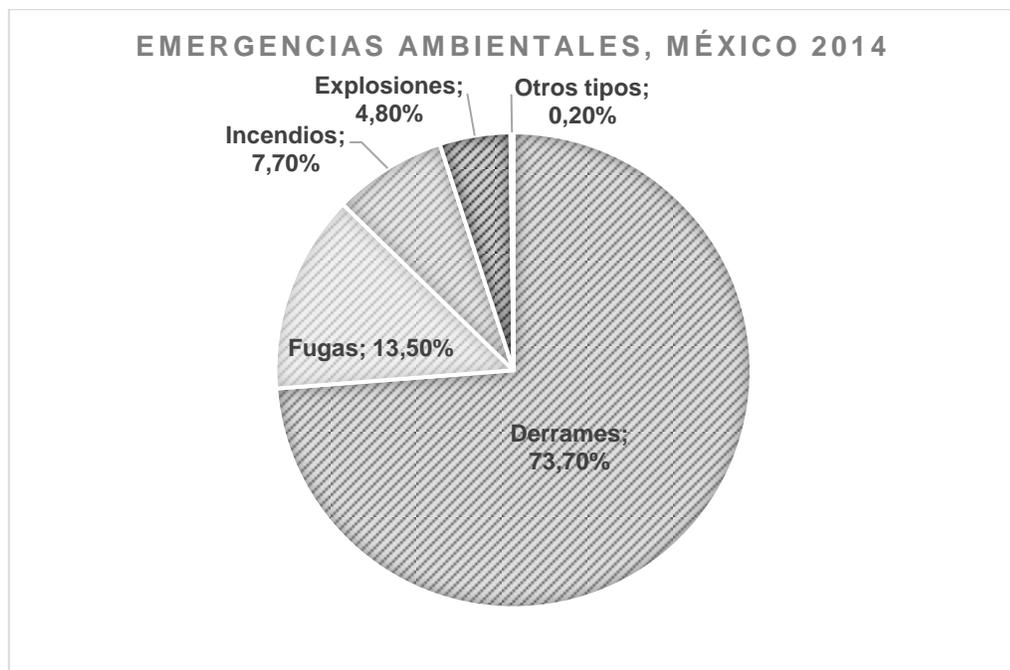
PROFEPA (2014), dentro de los compuestos peligrosos involucrados en emergencias ambientales, se encuentran el petróleo y sus derivados (gasolinas, combustóleo, diesel), agroquímicos, gas LP y natural, entre otros.

Según SEMARNAT (2014) en datos referentes a la contaminación del suelo, la mayoría de los contaminantes involucrados en cuanto a emergencias ambientales, están asociados a los hidrocarburos en cualquiera de sus productos, ocasionados por distintos factores, en los que se encuentran las fugas, derrames, transporte y otros.

INE (1993), señala que los incidentes y accidentes en instalaciones; y operaciones petroleras son causadas por la ruptura de líneas de crudo o poliductos, fugas de productos en operaciones de carga y descarga de tanques; descontrol de sistemas de efluentes, actividades costa-fuera, fugas en tanques, entre otros; en las que se

derramaron o fugaron diversos compuestos como: crudo, gasolina, aguas aceitosas, diesel, combustóleo, etc.

Los casos más fuertes de contaminación por hidrocarburos fueron ubicados en Tabasco, donde se reportaron daños a los ecosistemas, que incluso han afectado otras actividades económicas de la región, como lo son las zonas de cultivo, pesca y caza (Rivera y Trujillo 2004; Palacios 2013).



**Figura 1.** Principales causas de Emergencias Ambientales en el medio terrestre reportadas a PROFEPA 2014.

#### **4.6. Impactos ambientales de la industria petrolera en México**

Bravo (2007), enfatiza los impactos típicos generados por la industria petrolera en el suelo que incluyen, la compactación del suelo, daño o destrucción de la rizósfera y suelo superficial, erosión y pérdida de suelo, debido a la pérdida de vegetación,

contaminación con compuesto inorgánicos (sulfatos y sales) y orgánicos (especialmente hidrocarburos); generando una alteración del sustrato original y dejando suelos inutilizables durante años.

Finalmente la actividad petrolera en su conjunto produce una pérdida de fertilidad en el suelo, lo que impacta negativamente en las poblaciones humanas asentadas en la zona de influencia, y en la biodiversidad en general (Bravo 2007).

Según SEDESOL-INE (1994) el impacto ambiental ocasionado por la industria petrolera comprende los efectos de todas y cada una de las fases involucradas en las etapas que son: exploración, explotación, transformación, distribución y comercialización; afectando los recursos naturales, representados básicamente por el agua, aire, suelo y biota. (**Tabla 1.**)

Saval (2007) menciona que en la explotación terrestre se presentan una mayor acumulación de desechos industriales como son los lodos de perforación, lodos aceitosos, aditivos químicos y aceites gastados, donde las posibilidades de derrame de petróleo son mayores. También señala que una gran parte de los terrenos localizados en las zonas de explotación, albergaban abundante flora y fauna, una vez que tomó auge la actividad petrolera surgió la destrucción de los ambientes naturales.

**Tabla 1.** Impacto ambiental producido por la industria petrolera al suelo y biota (INE 1993).

ETAPA	FASE	RECURSO AFECTADO	
		Suelo	Biota
Exploración terrestre	Prospección Física		XX
	Perforación		XX
	Operación de pozos exploratorios		XX
Extracción terrestre	Construcción de infraestructura, instalaciones y Perforación de pozos		XX
	Operación y Mantenimiento	X	XX
Refinación	Construcción de infraestructura e		XX

	instalaciones		
	Proceso productivo	XX	XX
	Operación y Mantenimiento	XX	XX
Petroquímica	Construcción de infraestructura e instalaciones		XX
	Proceso productivo	XXX	XXX
	Operación y mantenimiento	XXX	XXX
Transporte	Construcción de infraestructura		XX
	Operación		X
Distribución y Almacenamiento	Construcción de infraestructura y redes de ductos		XX
	Operación	XX	XX
Comercialización y Ventas	Construcción de infraestructura		XX
	Operación	XX	
Consumo	Combustión industrial y vehicular	XX	XX

\* Interpretación del grado de impacto: x = impacto bajo; xx = impacto medio; xxx = impacto grave.

#### 4.7. Papel de las plantas en el ecosistema

Zapata (2009), menciona que el papel más importante que desempeñan las plantas en un ecosistema consiste en formar parte de los niveles tróficos, son consideradas como productores primarios tomando el primer nivel trófico, se encargan de capturar la energía solar y transforman sustancias inorgánicas en compuestos orgánicos mediante procesos fotosintéticos, además de producir oxígeno del cual dependen otros integrantes del ecosistema.

Otras de las funciones ecológicas importantes que desempeñan las plantas se muestran a continuación:

1. La estructura de las plantas individuales y de grupos define el hábitat para la fauna.
2. El sistema de raíces protege al suelo contra la erosión.

3. Las plantas están involucradas con la dinámica de nutrientes del suelo (Kapustka y Reporter 1993).

#### **4.8. Efectos producidos por los hidrocarburos en las plantas**

Bravo (2007), señala que la acción de los compuestos orgánicos está relacionada con la forma en que pueden interactuar con los organismos vivos y plantas. En el caso de los hidrocarburos en sus fracciones liviana y pesada son tóxicos para las plantas cuando llegan al área de las raíces.

Los vertidos de hidrocarburos en el suelo matan la vegetación, no solo por su toxicidad, sino además porque producen en el suelo una zona anóxica en las raíces. La carencia de oxígeno y la producción de H<sub>2</sub>S matan las raíces de la mayoría de plantas incluyendo las raíces de los árboles bien establecidos (Bravo 2007).

También señala que cuando ocurren derrames de fracción pesada en zonas con vegetación, las hojas se cubren de crudo lo que les produce sofocación ya que los estomas, a través de los cuales se produce el intercambio de gases, se bloquean, siendo el impacto mayor si el derrame ocurre durante el período de crecimiento de la planta (Bravo 2007).

#### **4.9. Efectos del contaminante sobre la vegetación en zonas cultivadas**

Bravo (2007) Menciona que la contaminación petrolera en el suelo puede producir sofocamiento de las raíces, bajo vigor en la vegetación; y en muchos casos, la mata, desaparece o disminuyen las poblaciones de micro fauna y flora del suelo.

Cuando los contaminantes llegan a zonas cultivadas, se registran pérdidas en las cosechas, pues muchos cultivos mueren en contacto con el contaminante, en otros

casos la productividad del cultivo baja, lo que tiene serias consecuencias en la economía de los dueños del cultivo.

Bravo (2005), señala que los derrames de petróleo producen impactos que repercuten en los sistemas agrícolas de las poblaciones locales, así como en el equilibrio ecológico de los ecosistemas naturales.

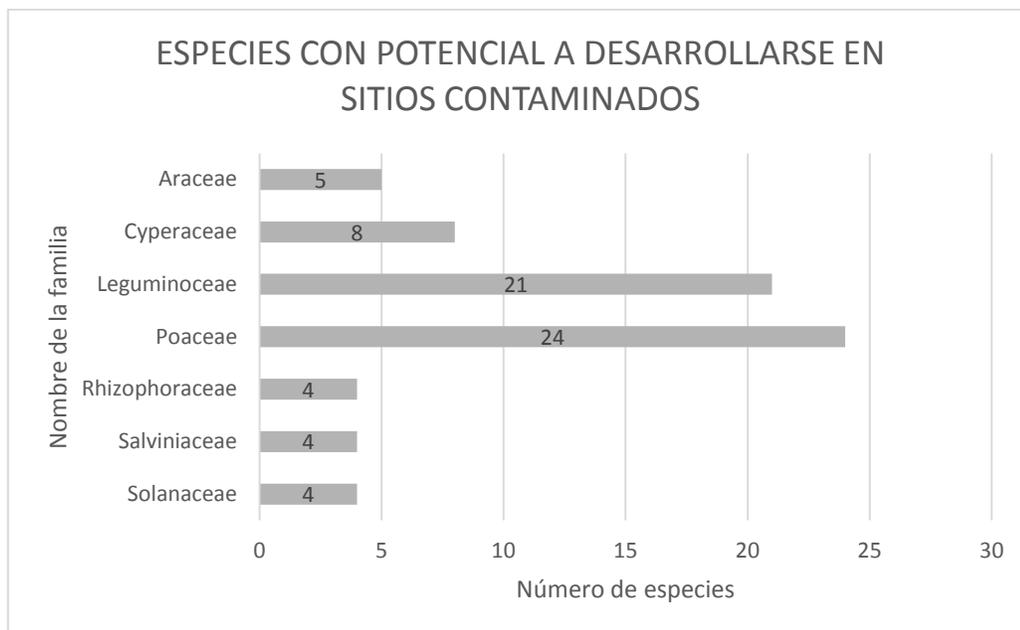
Las comunidades de microorganismos del suelo son alteradas por la contaminación petrolera, seleccionándose las poblaciones resistentes a los contaminantes, y desapareciendo o disminuyendo las especies menos resistentes.

La contaminación petrolera en el suelo puede producir además la asfixia de las raíces, restando vigor a la vegetación y en muchos casos, provoca la desaparición de cultivos y cualquier tipo vegetación.

#### **4.10. Especies con potencial a desarrollarse en sitios contaminados**

Chan-Quijano *et al.* (2013) Mencionan que existen 129 especies de plantas, pertenecientes a 47 familias botánicas que crecen y se desarrollan en suelos contaminados con hidrocarburos. Las especies evaluadas apoyan a la degradación de hidrocarburos.

Las familias con mayor número de especies reportadas son Poaceae (24 especies), Leguminosae (21 especies) y Cyperaceae (8 especies) (**Figura 2**).



**Figura 2.** Familias más representativas para desarrollarse bajo condiciones de contaminación por hidrocarburos.

#### 4.11. Concepto, tipos y aplicaciones de bioensayos

##### *Concepto:*

Pentreath *et al.* (2015), mencionan que los bioensayos con plantas están considerados, de manera creciente, para el diagnóstico ecotoxicológico, ya que constituyen una excelente herramienta en la evaluación del riesgo ambiental. Representan una metodología ventajosa al brindar información acerca de alguna sustancia que resulte tóxica en el medio, es decir, algún agente que pueda producir un efecto adverso en el sistema biológico, dañar su estructura o función, o producir la muerte.

Escalante (2000), conceptualiza al bioensayo como una técnica o técnicas en las cuales se exponen a los organismos a diferentes matrices ambientales, conteniendo las sustancias dañinas a probar y evaluar los efectos del medio sobre la

sobrevivencia, crecimiento, reproducción, comportamiento y otros atributos del organismo ensayado.

Cuevas *et al.* (2012), señalan al bioensayo como una herramienta empleada para establecer el grado de contaminación de un sitio, evaluar el riesgo ecológico y daños en animales y plantas.

*Tipos de bioensayos:*

Escalante (2000) cita a los bioensayos más utilizados en los estudios de ecotoxicidad para la valoración de la calidad del suelo, los cuales son: germinación de semillas, crecimiento de plantas, de lombrices y de microorganismos.

Cuevas *et al.* (2012) consideran como los bioensayos de semillas y lombrices como esenciales para establecer metas de limpieza o remediación; monitorear acciones de intervención y determinar la viabilidad de las comunidades ecológicas después de la remediación del suelo.

*Aplicación:*

Diversos autores concuerdan en que la principal aplicación de los bioensayos ecotoxicológicos es proporcionar y determinar datos de toxicidad hacia los integrantes de los niveles tróficos, así como establecer cuál de ellos es el más afectado por la contaminación y que daños le provoco (Cuevas *et al.* 2012; Escalante 2000).

#### **4.12. Bioensayos de germinación de semillas y crecimiento de Plantas en suelos contaminados**

Torres (2003), menciona que cada día son introducidas al ambiente nuevas sustancias químicas, naciendo así la necesidad de procedimientos baratos y rápidos para determinar la toxicidad de sustancias presentes en muestras

ambientales, conduciendo al desarrollo de diferentes bioensayos a corto plazo con sistemas de plantas, por las ventajas que estas poseen:

1. Las plantas son más sensibles a estrés ambiental que otros ensayos disponibles.
2. Fácil manipulación y almacenaje.
3. Bajo costo.
4. Sistema de mecanismo enzimático similar a los sistemas con animales.
5. Correlación con otros sistemas de pruebas.

#### **4.13. Descripción general de las especies vegetales de la familia *Poaceae***

##### *Familia Poaceae, importancia y distribución*

Friere (2004) menciona que el nombre de la familia *Poaceae* del genero *Poa* proviene del griego que define a los pastos y/o plantas de forraje, constituyendo una de las cinco familias más ricas en el reino vegetal, considerada taxonómica y ecológicamente, uno de los grupos más importantes en el mundo.

Dávila y Valdés (1995), consideran que la familia de las gramíneas o poaceas ocupan el tercer lugar en nuestro país en cuanto a número de especies de plantas superiores. Se estima que a nivel mundial se registran un poco más de 700 géneros y alrededor de 10,000 especies. En México, existen aproximadamente 197 géneros y 1,127 especies, es decir aproximadamente 4.5% de la flora total del país.

Desde el punto de vista ecológico, las Poaceas representan uno de los grupos biológicos más ampliamente adaptados a diferentes ambientes. Se distribuyen en comunidades desde la tundra ártica, los bosques templados y cálido-húmedos, las zonas áridas y semi-áridas, hasta los hábitats acuáticos y marinos.

Además de su gran diversidad e importancia ecológica, representan uno de los grupos vegetales con mayor interés económico. Dentro de los principales usos de las especies de la familia Poaceae se encuentran: alimento para el hombre, forraje para ganado, como plantas de ornato en la fabricación de artesanías, así como con la construcción y recreación. En términos de producción agrícola mundial, actualmente los primeros cuatro lugares corresponden a miembros de esta familia: maíz, trigo, arroz y caña de azúcar.

### *Características*

Plantas casi siempre herbáceas, anuales o perennes, cespitosas o arborescentes, rara vez trepadoras, ocasionalmente con cúmulos lignificados. Presentan una estructura floral muy característica, agrupando las flores en espiguillas (Dávila y Valdés, 1995).

El **Tallo** es tipo caña; cilíndrico, sencillo, con entrenudos huecos, sólidos o semisólidos, con o sin ramificaciones y macizo en los nudos, donde se insertan las hojas, siendo aéreos o subterráneos.

Las **Hojas** son alternas o dísticas, con vaina, lígula y lámina, de lineares a lanceoladas; en su parte inferior se encuentra la vaina, que envuelve el tallo, y en la superior el limbo o lámina, plano o enrollado.

El estado vegetativo es muy corto y puede dar lugar a estolones o rizomas.

**Flores** diminutas generalmente hermafroditas, en ocasiones unisexuales o estériles con dos brácteas membranosas, densamente agrupadas e imbricadas para formar espiguillas o espículas, con pocas o muchas flores.

**Inflorescencia** formada por espiguillas; éstas constan de un raquis sobre el que se insertan 1 o más flores cubiertas por 2 brácteas o glumas situadas en la base de la espiguilla y que cubren las flores más o menos.

Algunos ejemplos son: *Lolium* que posee espiguillas que conforman más espigas; otras especies tienen racimos o panículas laxas como la Avena o contraídas, las de

*Alopecurus* y otras con grupos de espigas o racimos en las que se encuentra a *Cynodon*, *Echinochloa*.

**Fruto** tipo cariósida, fruto seco indehisciente, con una semilla cuya testa esta soldada con el pericarpio, formado por una envoltura delgada, dicha envoltura encierra al embrión y al endospermo.

#### 4.14. Taxonomía y descripción de las especies *Lolium Perenne* y *Cynodon Dactylon*

##### *Lolium Perenne*

**Tabla 2.** Clasificación y descripción de la especie *Lolium Perenne* (Canals et al 2009; Sánchez-Ken et al 2012).

 <p style="text-align: center;"><b><i>Lolium perenne</i></b></p>	 <p style="text-align: center;"><b>Material vegetativo</b></p>
<b>Reino</b>	Plantae
<b>División</b>	Magnoliophyta
<b>Clase</b>	Liliopsida
<b>Orden</b>	Poales
<b>Familia</b>	Poaceae
<b>Subfamilia</b>	Pooideae
<b>Tribu</b>	Poeae

<b>Género</b>	Lolium
<b>Especie</b>	<i>Lolium Perenne</i> L.
<b>Nombre Común</b>	Ballico Perenne
<b>Otros Nombres</b>	Raigrás inglés, Raigrás, Raigrás perenne, Ballico.
<b>Usos</b>	Control de erosión, ornamental, forraje, mejorador de suelo, maleza potencial
<b>Clima favorable</b>	Templado, templado frío, poco tolerante a la sequía.
<b>Tipo de suelos</b>	Exigente en fertilidad, adaptándose a suelos tanto francos como franco-arcillosos, y de pH cercano a la neutralidad, intolerante a la salinidad, alcalinidad, sequías, e inundaciones.
<b>Distribución</b>	Canadá, Estados Unidos, México (Ags., B.C., Chih., Chis., Coah., D.F., Gto., Jal., Méx., Mich., Mor., N.L., Oax., Pue., Son., Tamps., Zac.), C. Amér., S. Amér., Car., Viejo Mundo.

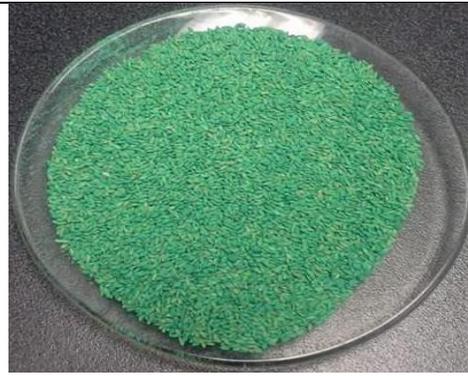
### ***Cynodon Dactylon***

**Tabla 3.** Clasificación y descripción de la especie *Cynodon Dactylon* (Canals et al 2009; Sánchez-Ken et al 2012).

--	--



***Cynodon Dactylon***



**Material vegetativo**

<b>Reino</b>	Plantae
<b>División</b>	Magnoliophyta
<b>Clase</b>	Liliopsida
<b>Orden</b>	Cyperales
<b>Familia</b>	Poaceae
<b>Subfamilia</b>	Chloridoideae
<b>Especie</b>	<i>Cynodon Dactylon (L) Pers.</i>
<b>Nombre Común</b>	Zacate Bermuda
<b>Otros Nombres</b>	Bramilla, grama, Gramilla, Zacate pata de gallo, Zacate borrego, etc.
<b>Usos</b>	Maleza agresiva e invasora de difícil control en cultivos. Cultivo y forraje para ganado.
<b>Clima favorable</b>	Clima cálido, a temperaturas inferiores a 15°C no germina ni crece.
<b>Tipo de suelos</b>	Amplia tolerancia, pH 5 y 8.5.
<b>Distribución</b>	Canadá, Estados Unidos, México (Ags., B.C., B.C.S., Camp., Chih., Chis., Coah., Col., D.F., Dgo., Gro., Gto., Hgo., Jal., Méx., Mich., Mor., Nay., N.L., Oax., Pue., Qro., Q.R., S.L.P., Sin., Son., Tab., Tamps., Tlax., Ver., Yuc., Zac.), C. Amér., S. Amér., Car., Viejo Mundo.

## V. MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1. Localización del Sitio Experimental

El trabajo de investigación se desarrolló en instalaciones de la Corporación Mexicana de Investigación en Materiales (COMIMSA) ubicada en Calle Ciencia y Tecnología No. 790, Saltillo 400, Saltillo, Coahuila, en las coordenadas  $25^{\circ}26'50''$  N y  $100^{\circ}58'7''$  W, bajo condiciones controladas en laboratorio (**Figura 3**).



**Figura 3.** Localización geográfica de la empresa (COMIMSA) donde se desarrolló el experimento.

## 5.2. Materiales

Para el desarrollo del trabajo fueron requeridos una serie de materiales de composición tanto física y química como vegetativa, con el único fin de recabar datos a partir de suelos contaminados, a continuación se listan los materiales usados:

1. Muestra de suelo
2. Composta
3. Recipientes de 0.5 L
4. Diesel

5. Aceite de motor usado
6. Petróleo
7. Semillas (*Cynodon Dactylon* y *Lolium Perenne*)
8. Reactivos de laboratorio para la caracterización del suelo.

### 5.3. Diseño Experimental

Las variables evaluadas en el presente trabajo fueron, la germinación, expresada en número de plantas por tratamiento y repetición; el crecimiento determinado por la altura de las plantas, trabajados por el diseño completamente al azar.

#### Modelo del diseño completamente al azar

$$Y_{ji} = \mu + \tau_i + \varepsilon_i$$

$$i = 1, 2, \dots, t$$

$$j = 1, 2, \dots, \tau$$

**Donde:**

$Y_{ji}$  = Observación del tratamiento  $i$  en la repetición  $j$ .

$\mu$  = Efecto verdadero de la media general.

$\tau_i$  = Efecto del  $i$  – *esimo* tratamiento.

$\varepsilon_i$  = Error experimental.

#### 5.4. Tratamientos

**Tabla 4.** Distribución de los tratamientos.

Tratamientos (T)							
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Suelo sin C.	Suelo C. Diesel	Suelo C. Petróleo	Suelo C. Mezcla	Suelo sin C.	Suelo C. Diesel	Suelo C. Petróleo	Suelo C. Mezcla
<i>Lolium Perenne</i>	<i>Lolium Perenne</i>	<i>Lolium Perenne</i>	<i>Lolium Perenne</i>	<i>Cynodon Dactylon</i>	<i>Cynodon Dactylon</i>	<i>Cynodon Dactylon</i>	<i>Cynodon Dactylon</i>
Agua Potable	Agua Potable	Agua Potable	Agua Potable				

**Tabla 5.** Tipo y cantidad de contaminante, respecto a cada especie Vegetal.

		P1 <i>Lolium Perenne</i> y P2 <i>Cynodon Dactylon</i>		
		Diésel	Petróleo	*Mezcla
Cantidad de contaminante	R1	25,000ppm	25,000ppm	25,000ppm
	R2	25,000ppm	25,000ppm	25,000ppm
	R3	25,000ppm	25,000ppm	25,000ppm

\*El tratamiento Mezcla corresponde a tres compuestos en sus respectivas cantidades: 50% Petróleo, 25% Aceite de motor usado y 25% Diésel.

\*Respecto a cada tratamiento se realizaron tres repeticiones.

## **5.5. Metodología**

### **5.5.1. Recolección del suelo**

La muestra de suelo se obtuvo dentro de las instalaciones de la empresa, se le agregó composta en relación 1:1, ya que el suelo proveniente de la zona carece de nutrientes y contiene alto porcentaje de arena. Además, una vez recolectado el suelo se procedió a tamizar en malla No.10 y posteriormente fue almacenado.

### **5.5.2. Selección de semillas**

Para la selección de las semillas se tomaron en cuenta una serie de factores entre los que se encuentran: la localización y ubicación del experimento, las características climáticas, adaptación al medio y el uso comercial dado, las especies seleccionadas fueron plantas de la familia *Poaceae*, a la que le corresponden un gran número de pastos usados en jardín y hasta de uso forrajero.

Otras consideraciones por las que se tomaron en cuenta estas especies pertenecientes a las poaceas, es su cualidad para desarrollarse fácilmente entre los cultivos, así como su adaptación a casi cualquier condición, sin grandes exigencias; consideradas respectivamente como malezas potenciales e invasoras, Característica por la cual se determinó su uso en este trabajo.

Las especies a usar son: *Lolium Perenne* y *Cynodon Dactylon*

### 5.5.3. Caracterización del suelo

Una vez obtenida la muestra de suelo se procedió a caracterizar, realizándole algunos de los principales análisis físicos y químicos, cada parámetro se realizó de acuerdo a las especificaciones de la NOM-021-SEMARNAT-2000 (**Tabla 6**).

**Tabla 6.** Resultados de la caracterización del suelo.

<b>Análisis</b>	<b>Resultados</b>	<b>Método</b>
<b>pH</b>	pH = 7.78	Solución del suelo y extracto de saturación
<b>Conductividad Eléctrica</b>	CE = 14.82 dS/m	Solución del suelo y extracto de saturación
<b>Carbonatos y Bicarbonatos</b>	CO <sub>3</sub> = Sin presencia	Determinación de aniones solubles en extracto de saturación.
	HCO <sub>3</sub> = 20.3 meq/L	
<b>Carbonatos de Calcio (Carbonato Total)</b>	CaCO <sub>3</sub> = 8.86%	Determinación de carbonatos totales
<b>% De Humedad</b>	% = 2.66	Método gravimétrico
<b>% Materia Orgánica</b>	%M.O. = 1.80%	Método Walkley y Black Modificado
<b>Densidad Aparente</b>	Da = 1.57 g/cm <sup>3</sup>	Método de la probeta
<b>Fosforo</b>	P = 82.65 kg/ha	Método Olsen modificado
<b>Textura</b>	Suelo Franco (C)	Método del Hidrómetro

	54.74% Arena 23.26% Arcilla y 22% Limo	de Bouyoucos
<b>Nitrógeno total</b>	NT = 0.05%	Método Kjeldahl

#### 5.5.4. Contaminación de la muestra de suelo

La muestra de suelo se contaminó con tres diferentes productos de hidrocarburos, Petróleo, Diésel y una Mezcla, la composición de la mezcla se realizó con 50% de Petróleo, 25% Diésel y 25% aceite de motor usado. En los tres casos se agregó el contaminante a 25,000 ppm.

#### 5.6. Ensayos de viabilidad

Mediante una serie de ensayos se realizaron pruebas de germinación estándar para determinar la viabilidad del material vegetativo.

Para llevar a cabo los ensayos se siguieron una serie de pasos, a continuación se describen:

1. En cajas de Petri se colocó papel filtro en el caso de *Lolium Perenne*, para *Cynodon Dactylon* se usó algodón y posteriormente humedecidas con agua de la llave.
2. Se tomó una muestra representativa de cada una de las dos especies y fueron colocadas en las cajas de Petri que contenían el papel filtro y algodón humedecido, a cada una de ellas se les agregó un total de 50 semillas, teniendo como resultado un total de 8 repeticiones para cada especie vegetal, en total 400 semillas.

- Las pruebas se llevaron a cabo durante 3 semanas dentro de la germinadora, se les agregó agua constantemente y evaluó cada semana.

Los resultados se muestran en el **Tabla 7**, se calculó la media por repetición correspondiente a las 8 cajas y al final se determinó el porcentaje para cada una de las especies.

**Tabla 7.** Resultados de los ensayos de viabilidad del material vegetativo después de las 3 semanas de evaluación.

<b>Nombre de la Especie</b>	<b>Germinación Media en Base a 50 Semillas</b>	<b>% De Germinación</b>
<i>Cynodon Dactylon</i>	40	80
<i>Lolium Perenne</i>	48.75	97.5

### **5.7. Desarrollo del experimento**

- Se pesaron 350 g de suelo contaminado en recipientes de 500 gramos, cada una de las muestras se colocó con respecto al tratamiento. Obteniendo un total de seis tratamientos con tres repeticiones, además de los testigos, nombrando a ***Lolium Perenne*** como **Pasto 1** y ***Cynodon Dactylon*** como **Pasto 2**.
- Se tomaron 40 semillas de las dos especies, para cada uno de los recipientes y los testigos.

3. Se agregaron 200 ml de agua potable a cada recipiente ya con las semillas y fueron colocadas en bandejas.
4. El riego de los tratamientos se llevó a cabo dos veces por semana y con 25 ml al inicio de la siembra con el propósito de evitar la compactación del suelo e inhibición de la germinación.
5. Posterior a la germinación se realizó el riego con 30 ml de agua potable dos veces a la semana, durante un mes.
6. Se monitoreó la temperatura del ambiente y suelo como factor condicionante para la germinación de las semillas, ya que el experimento se realizó durante el período frío correspondiente a Noviembre-Diciembre.
7. Se evaluó el tiempo de germinación durante un mes, además del tamaño de las plantas y la velocidad de germinación en cada tratamiento.

## VI. RESULTADOS

Los resultados obtenidos en el análisis de varianza corresponden al tratamiento de la especie vegetal *Lolium Perenne*, ya que fue el tratamiento que germinó y creció bajo los tres productos de hidrocarburos, caso contrario a *Cynodon Dactylon* el cual no proporciono ningún dato, ya que no germinó y por lo tanto no presentó crecimiento.

El **cuadro 1** muestra los resultados del análisis de varianza para la especie *Lolium Perenne*, en la variable germinación, los resultados muestran diferencias altamente

significativas, lo cual indica que el suelo contaminado influyó en cuanto al índice de germinación en los tratamientos respecto al testigo.

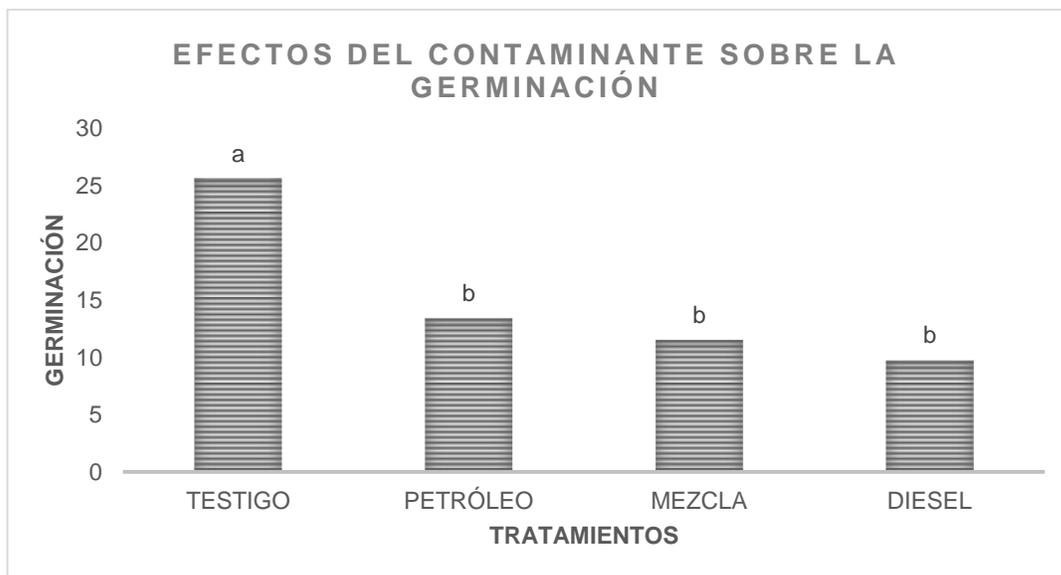
**Cuadro 1.** Análisis de Varianza correspondientes a la variable Germinación.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>Pr&gt;F</b>
<b>Tratamiento</b>	3	3717.4	1239.14	31.597	.00 **
<b>Error</b>	92	3607.9	39.22		
<b>Total</b>	95	7325.3			
CV= 41.51806					
** Altamente significativo					

**Cuadro 2.** Comparación de medias respecto a la variable germinación

<b>Tratamiento</b>	<b>% Germinación</b>
<b>Testigo</b>	25.6250
<b>Petróleo</b>	13.41667
<b>Mezcla</b>	11.54167
<b>Diesel</b>	9.7500

La siguiente grafica (**Figura 4**) muestra los efectos en la germinación ocasionados por los tres productos de hidrocarburo respecto al testigo que fue el que germino más, mostrando al tratamiento correspondiente al diésel como el más afectado.



**Figura 4.** Efectos de los contaminantes sobre la germinación de la especie vegetal con respecto al Testigo.

Respecto a la variable Altura se puede observar que los resultados del análisis de varianza no muestran diferencias significativas (**cuadro 3**), ya que el crecimiento promedio expresado en la altura fue variable respecto a los tratamientos.

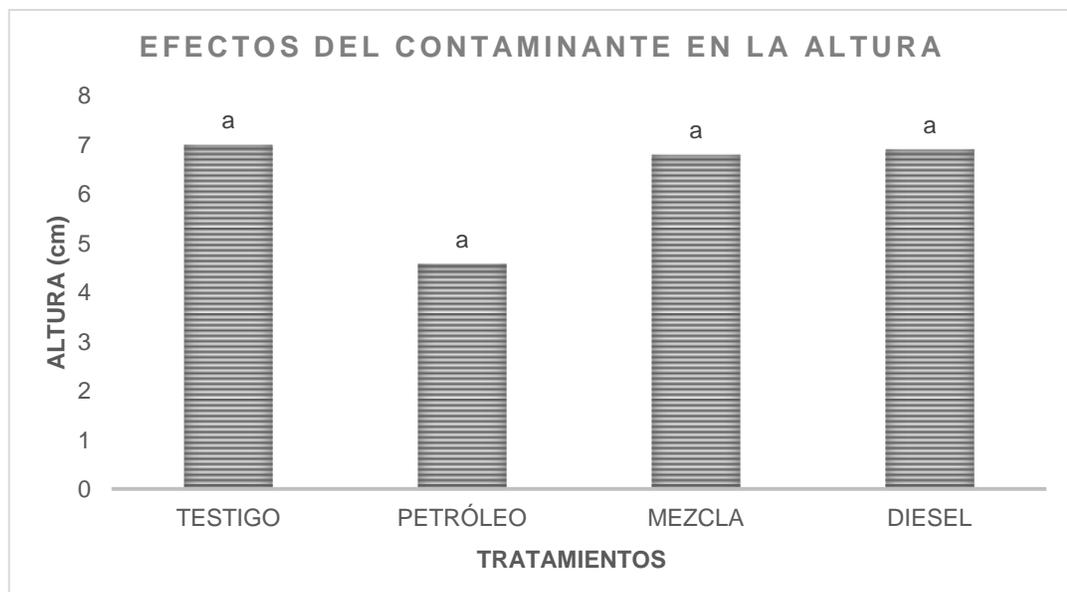
**Cuadro 3.** Análisis de Varianza correspondiente a la Variable Altura.

FV	GL	SC	CM	F	Pr>F
Tratamiento	3	96.97	32.323	2.5854	0.05791 NS
Error	92	1150.22	12.502		
Total	95	1247.19			
CV= 55.98601					
NS = No Significativo					

**Cuadro 4.** Comparación de medias respecto a la variable altura

Tratamiento	% Altura
Testigo	6.991667 a
Petróleo	4.579167 a
Mezcla	6.791667 a
Diesel	6.9 a

La **Figura 5** muestra detalladamente el comportamiento de la altura en los tres tratamientos con respecto al testigo, tanto los tratamientos correspondientes a la mezcla y diésel tuvieron crecimientos similares al testigo, solo el tratamiento correspondiente al petróleo tuvo menor crecimiento en comparación a los demás.



**Figura 5.** Efectos de los contaminantes en el crecimiento de la especie vegetal con respecto al Testigo

## VII. CONCLUSIÓN

En base al objetivo del trabajo se puede concluir que no todas las especies resisten directamente la contaminación del suelo por productos de hidrocarburo, como es el caso de *Cynodon Dactylon*, que en ninguno de los tratamientos germinó.

Por otro lado se demostró que los contaminantes afectaron en mayor proporción a la germinación en los tres tratamientos, caso contrario al crecimiento, *Lolium Perenne* puede ser usado en caso de restauración de sitios remediados, ya que no es exigente en cuanto a requerimientos nutricionales.

Como conclusión general del trabajo se mostró que, los efectos producidos por productos de hidrocarburo, varían según la etapa de crecimiento en la que estos se encuentren, la susceptibilidad, la especie vegetal, los factores ambientales y sobre todo el contaminante y la cantidad.

## VIII. LITERATURA CITADA

**Bravo, E. 2007.** Los impactos de la explotación petrolera en ecosistemas tropicales y la biodiversidad. Acción Ecológica. Ecuador. Pp 61.

**Bravo, E. OILWATCH. 2005.** Impactos de la explotación petrolera en América Latina. Biodiversidad. Barcelona, España. Pp. 1-9.

<http://www.grain.org/es/article/entries/1031-impactos-de-la-industria-petrolera-en-america-latina> (27 Enero 2016).

**Bell, E. 2015.** BLOGECOLOGISTA. Contaminación de la tierra o suelo. [blogecologista.com/contaminacion-de-la-tierra/](http://blogecologista.com/contaminacion-de-la-tierra/) (27 Enero 2016).

**Bossert, I. y Bartha, R. 1984.** The fate of petroleum in soil ecosystems. R.M. Atlas (ed) Petroleum Microbiology. Editorial MacMillan, Nueva York, pp. 435-473.

**Canals, R. M., Peralta, J. y Zubiri E. 2009.** Flora pratense y forrajera cultivada en la península Ibérica. Universidad Pública de Navarra. España [www.unavarra.es/herbario/pratenses/htm](http://www.unavarra.es/herbario/pratenses/htm) (20 Febrero 2016).

**Chan-Quijano, J.G., Jarquín-Sánchez A., Ochoa-Gaona S., Bautista-Zúñiga F., Martínez-Zurimendi P. y López-Chávez M.Y. 2013.** Especies vegetales útiles para fitorremediar suelos contaminados con hidrocarburos totales del petróleo: un apoyo para la restauración ecológica. Boletín de la Red Iberoamericana y del Caribe de Restauración Ecológica. Pp. 7, 3, 11-14.

**Ciencia y biología. 2004.** Los impactos de la contaminación del suelo: todas las claves. [cienciaytecnologia.com/impacto-de-la-contaminacion-del-suelo/](http://cienciaytecnologia.com/impacto-de-la-contaminacion-del-suelo/) (27 Enero 2016).

**Crosara, B. A. 2012.** Suelos y problemas ambientales. Uruguay. <http://edafologia.fcien.edu.uy/archivos/Suelos%20y%20problemas%20ambientales.pdf> (16 Febrero 2016).

**Dávila A. P. D., Valdés R. J. 1995.** Clasificación de los géneros de gramíneas (Poaceae) mexicanas, Acta Botánica Mexicana. México. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57403302> (20 Febrero 2016).

**Friere F. A. 2004.** Botánica sistemática ecuatoriana. Missouri Botanical Garden. FUNDACYT, QCNE, RLB y FUNBOTANICA. Murray Print. St. Louis. Pp 79-91.

**INE. 2007.** Fuentes de contaminación en México. Instituto Nacional de Ecología. México.  
<http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/372/fuentes.htm> (16 Febrero 2016).

**Kapustka, I., Reporter, M. 1993.** Handbook of Ecotoxicology. Ed. Blackweel Scientific Publication. Gran Bretaña. Pp. 278-298-

**Narro, F. A. 1987.** Física de suelos con enfoque agrícola. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México. Pp 3-5.

**Ortiz, B. V. y Ortiz, S. C. 1990.** Edafología. 7ª Edición. Universidad Autónoma de Capingo. México. Pp. 21-22.

**Palacios, S.E. 2013.** Desarrollo sustentable en zonas afectadas por la industria petrolera. Eco fronteras. México. Pp. 23-26.  
<http://revistas.ecosur.mx/ecofronteras/index.php/eco/aticle/view/1231> (17 Febrero 2016).

**Pascual, E. 2015.** El BLOG VERDE. Contaminación del suelo.  
[elblogverde.com/contaminacion-del-suelo](http://elblogverde.com/contaminacion-del-suelo) (27 Enero 2016).

**Pentreath, V., González E., Barquim M., Ríos S. M. y Perales S. 2015.** Bioensayo de toxicidad aguda con plantas nativas para evaluar un derrame de petróleo. Revista Salud Ambiental. Universidad Nacional de la Patagonia. Argentina. Pp. 13-20.

**PROFEPA. 2014.** Informe de Actividades 2014. Procuraduría Federal de Protección al Ambiente. México. Pp. 26-29. <http://www.profepa.gob.mx/> (16 Febrero 2016).

**Rivera, C.M.C. y Trujillo N.A. 2004.** Estudio de toxicidad vegetal en suelos contaminados con petróleos nuevos e intemperizados. Revista Interciencia. Pp. 29,369-376.

**Sánchez-Ken, G. L. Zita, P. G. y Mendoza, C. M. 2012.** Catálogo de gramíneas malezas nativas e introducidas de México. 1er Ed en línea. México. Pp.117 y 231.

**SEDESOL-INE. 1994.** Informe de la situación general en materia de equilibrio ecológico y protección al ambiente. Secretaría de Desarrollo Social, Instituto Nacional de Ecología. México. Pp. 217-233.

**SEMARNAT. 2014.** Programa Nacional de Remediación de Sitios Contaminados. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. <http://www.semarnat.gob.mx> (29 Enero 2016).

**Torres R. M. T. 2003.** Empleo de bioensayos con plantas en el control de contaminantes tóxicos ambientales. Revista cubana de higiene y epidemiología. Vol. 42. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1561-30032003000200009](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032003000200009) (18 Febrero 2016).

**Zapata, E. P. 2009.** Ecología General: Ecosistemas. Editorial UBP. Nicaragua. Pp. 8 y 9.