

105



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

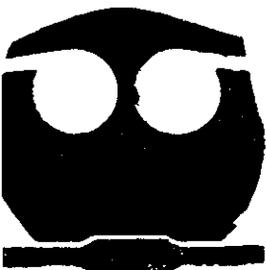
FACULTAD DE QUIMICA

"EFECTO DE LA ADICION DE TEXTURIZANTES ORGANICOS SOBRE LA BIODEGRADACION DE DIESEL EN UN SUELO CONTAMINADO"

293465

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE QUIMICA FARMACEUTICA BIOLOGA PRESENTA: ARACELI PEREZ PEREZ



MEXICO, D.F.

2001



EXAMENES PROFESIONALES FACULTAD DE QUIMICA



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A MIS PADRES

*MANUEL PÉREZ MORALES
CAROLINA PÉREZ DE PÉREZ*

Por su ejemplo, apoyo y amor.

CONTENIDO

RESUMEN	I
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
III. MARCO TEÓRICO	4
1. Suelo	4
2. Fuentes de contaminación de suelos	5
3. Diesel	6
4. Alternativas de limpieza para suelos contaminados	7
4.1. Biorremediación	7
4.2. Atenuación natural	8
4.3. Extracción	8
4.4. Fijación	8
4.5. Incineración	9

RESUMEN

La biorremediación ha surgido a nivel mundial como una alternativa atractiva para el saneamiento de suelos y acuíferos contaminados, por ser una técnica económica, limpia, efectiva y segura para el ambiente. Entre las diferentes formas de biorremediación más simples, económicas y efectivas, está la adición de agentes texturizantes. De ahí surgió el interés por realizar el presente trabajo cuyo objetivo fue evaluar el efecto de la adición de materiales orgánicos texturizantes como fibra de coco y composta, así como de nutrientes básicos para la actividad biológica, durante el desarrollo de pruebas de biotratabilidad de un suelo contaminado con diesel.

Se realizaron combinaciones de los materiales texturizantes con nutrientes, con ello se tuvieron tres diferentes tratamientos: Fibra de coco + Composta (FC), Fibra de coco + Composta + Nutrientes (FCN) y Fibra de coco + Composta + Hueso (FCH), que se trabajaron de manera simultánea a un control. El seguimiento y evaluación de los cambios físicos, químicos y microbiológicos, así como la biodegradación del diesel se dio al inicio y después de 40 y 80 días. El pH y la humedad, se vieron favorecidos por la adición de los texturizantes y nutrientes; el pH osciló entre 5.80 y 7.82 y la humedad se mantuvo alrededor del 40%. El contenido de fósforo en forma de ortofosfatos, fue muy variable entre 1.0 y 31.27 mg/kg. El contenido de nitrógeno también fue muy variable, sin embargo se debe hacer notar que el tratamiento con Fibra de coco + Composta + Nutrientes (FCN) presentó los valores más altos. La cuenta de bacterias degradadoras fue alta durante toda la experimentación oscilando entre el orden de 10^5 y 10^7 ufc/g de suelo.

De las opciones evaluadas el tratamiento de Fibra de coco + Composta + Hueso (FCH) fue el más adecuado, ya que mejoró las condiciones del suelo además de las necesidades de nutrientes para los microorganismos; con ello se pudo observar un 67.49% en la eliminación del contaminante.

El intento de estimular la biodegradación de diesel en un suelo contaminado con la adición de materiales orgánicos texturizantes fue exitoso, ya que se origina una reducción del tamaño de agregados saturados de contaminante que permite una mayor exposición de éste a la actividad microbiana. Además, de que intrínsecamente estos materiales proporcionan mejoras físicas, químicas y biológicas al suelo; sin olvidar que la adición de nutrientes también fue clave en los tratamientos.

Los resultados obtenidos en este estudio abren las puertas para la aplicación a gran escala del tratamiento de suelos contaminados con una alta concentración de hidrocarburos.

I. INTRODUCCIÓN

En la economía de México la industria petrolera contribuye de manera importante, razón por la cual las actividades de exploración, explotación, refinación, transporte y consumo de productos del petróleo se ven incrementadas cada día. Malas prácticas de manejo de los hidrocarburos, accidentes durante el transporte de combustibles y otros productos procesados, así como la toma clandestina de combustibles han traído como consecuencia problemas ambientales creando la contaminación de grandes extensiones de suelo superficial.

Las instalaciones destinadas al almacenamiento y distribución de combustibles destilados están constantemente expuestas a derrames, accidentales o por malas prácticas de operación. La infiltración de los combustibles al subsuelo, así como su distribución y su destino, están en función de las características fisicoquímicas de los hidrocarburos como son: densidad, solubilidad y viscosidad; además de las características del medio que los rodea como: tipo de suelo, permeabilidad, tamaño de las partículas, contenido de humedad y de materia orgánica.

II. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL:

Evaluar el efecto de la adición de composta y fibra de coco como agentes texturizantes durante el desarrollo de pruebas de biotratabilidad de un suelo contaminado con diesel.

OBJETIVOS PARTICULARES:

Determinar los cambios físicos, químicos y microbiológicos de un suelo contaminado con diesel debido a la adición de materiales orgánicos texturizantes y nutrientes.

Dar seguimiento a la biodegradación de diesel al término de los tres tiempos de experimentación (t_0 , t_1 , t_2).

III. MARCO TEÓRICO

1. SUELO

El término “suelo” se derivó de la palabra latina *solum*, la cual significa piso o superficie de tierra (Foth, 1981).

Al suelo lo podemos definir como el material exterior, poco compacto, de la superficie terrestre, es la región en la que se sustenta la vida vegetal y de la cual las plantas obtienen soporte mecánico y muchos de sus nutrientes.

Químicamente, el suelo contiene una gran cantidad de sustancias orgánicas e inorgánicas que no se encuentran en los estratos más profundos. Para el microbiólogo, el medio ambiente edáfico es único porque contiene una gran variedad de bacterias, actinomicetos, hongos, algas virus y protozoarios; es de los sitios más dinámicos donde se observan interacciones biológicas en la naturaleza.

El suelo está formado por cinco componentes principales: materia mineral, agua, aire, materia orgánica y organismos vivos. La cantidad de cada uno de ellos no es la misma en todos los suelos sino que varía con la localidad, tipo de suelo, clima, precipitaciones pluviales, entre otros.

Otra opción de fijación es la incorporación de asfalto a suelos contaminados con petróleo, y su utilización en la construcción de caminos.

4.5. Incineración

Únicamente se recomienda para suelos con muy altas concentraciones de contaminantes que no puedan ser sometidos a otro tipo de tratamiento, pero se tiene la desventaja de que junto con los contaminantes, el suelo también se destruye.

5. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO

5.1. pH

Una de las características notables del suelo es su reactividad. Debido a que los microorganismos y plantas superiores responden notablemente a su medio químico. De esta manera tres condiciones son posibles: acidez, neutralidad y alcalinidad (Aguilera, 1989).

Este parámetro es muy importante ya que tiene influencia en las actividades y la abundancia relativa de los diferentes grupos de organismos del suelo (Buckman and Brady, 1993).

Las condiciones altamente ácidas o alcalinas tienden a inhibir a muchas bacterias comunes, ya que para la mayoría de las especies, el pH óptimo esta cercano a la neutralidad (Alexander, 1994). La neutralidad es conveniente ya que existen muchos componentes en el interior de la célula que son susceptibles a los ácidos y álcalis. El ADN y muchas proteínas, por ejemplo, son destruídas a pH ácido y el RNA y los fosfolípidos son sensibles a pH alcalino. El pH óptimo para las enzimas intracelulares generalmente está alrededor de la neutralidad, aunque existen enzimas en el periplasma de bacterias Gram negativas además de enzimas extracelulares que tienen un pH óptimo para su actividad cercano al del medio ambiente.

de poca importancia desde el punto de vista biológico. Así pues, el amonio se retiene fácilmente en el suelo mientras que el nitrato, su forma oxidada, no es retenido por los complejos coloidales (Alexander, 1994).

6. ORGANISMOS DEL SUELO

El suelo es el hogar de innumerables formas de vida vegetal y animal. Algo de la fascinación y misterio de este mundo ha sido descrito por Peter Farb.

“Vivimos en el tejado de un mundo escondido. Debajo de la superficie del suelo se encuentra una tierra de fascinación y también de misterios, ya que gran parte de las inquietudes del hombre hacia la vida misma han estado relacionadas con el suelo, el cual está poblado de extrañas criaturas quienes han encontrado formas para sobrevivir en un mundo sin luz solar, en un imperio cuyas fronteras están fijadas por muros de tierra”.

La vida en el suelo es muy diversa, ya que va desde organismos microscópicos constituidos por una sola célula hasta animales grandes que hacen madrigueras. El reciente interés sobre la calidad ambiental y el reconocimiento del papel del suelo ha creado una nueva conciencia y apreciación para los organismos del suelo (Porta, 1994).

6.1. Bacterias del suelo

Debido a que hay muchas poblaciones en el suelo y porque son el grupo más abundante, las bacterias sobresalen en forma especial, esto está dado porque fueron los primeros organismos que poblaron el planeta y tienen una amplia versatilidad bioquímica y genética por lo que pueden sobrevivir y actuar en ambientes extremos.

Las bacterias del suelo pueden dividirse en dos grandes grupos: las especies nativas o autóctonas que son residentes verdaderos y los organismos invasores o alóctonos. Las poblaciones nativas pueden perdurar por largos períodos sin tener actividad metabólica, pero en determinado momento como respuesta a un cambio en el microambiente, estas formas nativas proliferan y participan en las funciones bioquímicas de la comunidad. Las especies alóctonas por el contrario,

IV. ANTECEDENTES

1. TEXTURIZANTES ORGÁNICOS

Dentro de la biorremediación, la alternativa de adicionar texturizantes orgánicos hace que esta técnica sea económica, sencilla y factible al ambiente. Los texturizantes orgánicos no sólo cumplen la función de mejorar las características del suelo, sino que además constituyen una parte de los nutrientes requeridos para la biodegradación, son materiales de baja densidad que mejoran las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Incrementan la porosidad y permiten una mejor difusión de oxígeno, lo cual a su vez favorece la actividad microbiana natural. También ayudan a la formación de agregados estables lo cual favorece la estabilidad estructural mediante la infiltración del agua y el intercambio gaseoso (Navarro, 1995).

Los texturizantes orgánicos son de origen biológico, el contenido de materia orgánica representa del 95 al 99% la cual esta formada por los elementos básicos Carbono, Hidrógeno y Oxígeno y en menor medida Nitrógeno, Fósforo y Azufre.

Durante la fase termofílica, las altas temperaturas aceleran la descomposición de proteínas, grasas y carbohidratos complejos como celulosa y hemicelulosa, moléculas estructurales en plantas. La temperatura de la composta baja poco a poco siendo los microorganismos mesófilos, los que se encontrarán en la maduración de la composta.

La composta terminada es oscura y desmoronadiza con olor a tierra. Aumenta la estructura del suelo uniendo las partículas, mejora la aireación y la habilidad de el suelo para retener agua y nutrientes liberándolos lentamente, mejora el drenaje en suelos arcillosos y la retención de agua en suelos arenosos y mejora la capacidad amortiguadora del suelo (EPA, 1998).

Contiene valiosos nutrientes como nitrógeno, fósforo y una variedad esencial de elementos traza, por ello la aplicación de grandes volúmenes no produce un exceso de éstos.

5. NUTRIENTES

Los requerimientos nutritivos de un microorganismo están determinados por la composición química de la célula, por su constitución genética y por factores del micro ambiente. Considerando las necesidades nutricionales de los microorganismos desde un punto de vista meramente químico, cualquier sustrato o medio de cultivo que contenga los componentes constitutivos de las células podrá satisfacer tales requerimientos. Sin embargo, los microorganismos varían ampliamente en sus características genéticas, en sus propiedades fisiológicas y su capacidad para utilizar y transformar a los diferentes compuestos químicos (Ramírez *et al.*, 1995).

La adición de nitrógeno inorgánico en cantidades adecuadas acelera la descomposición de materia orgánica, ya que da a los microorganismos el nitrógeno necesario para desarrollarse e incrementar su actividad. Se han realizado diversos estudios sobre las dosis óptimas de nitrógeno y la forma química preferida. El hidróxido de amonio o la urea son de las formas de nitrógeno, más fácilmente aprovechables comparadas con los nitratos. Por la acción de la enzima ureasa de los tejidos vegetales y de los microorganismos del suelo la urea se hidroliza a amoniaco y CO₂.

V. ESTRATEGIA EXPERIMENTAL

I. ANTECEDENTES DEL SITIO

El suelo contaminado que se utilizó en este estudio estaba localizado debajo de un tanque de almacenamiento de diesel, de 500 l de capacidad, el cual, por falta de mantenimiento tuvo un goteo lento, pero constante que duró aproximadamente 12 años. El suelo del lugar es relleno artificial con un espesor de 4.60 a 6.40 m. La mayor contaminación se localizó en la parte superficial cercana al tanque, aunque la mancha se extendió algunos metros alrededor hasta casi 6m de profundidad.

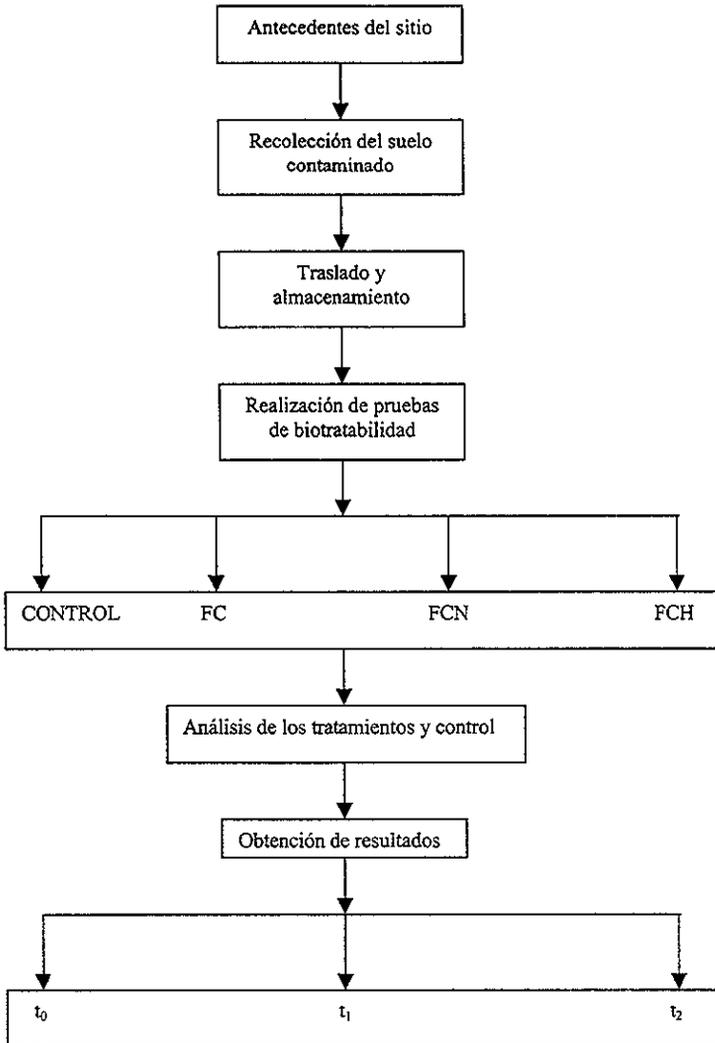


Diagrama de flujo del desarrollo experimental

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. SEGUIMIENTO DE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS

1.1 HUMEDAD

En este estudio la humedad no se consideró como una variable a evaluar, ya que se trató de mantenerla constante alrededor de un 40%, sin embargo es importante mencionar que esto se consiguió mucho mejor en los tratamientos en los cuales se emplearon los texturizantes orgánicos en comparación con el suelo control. De este modo, a los tratamientos se les adicionó menor cantidad de agua por períodos más espaciados considerando que los texturizantes orgánicos favorecen la penetración del agua y su retención, conduciendo al aumento de la reserva de la misma en el suelo, la disponibilidad y la reducción de las pérdidas, contrario a lo que ocurrió con el control en donde se manejaron mayores cantidades de agua por períodos más cortos.

1.4 NITRÓGENO TOTAL

La discusión se iniciará a partir de los resultados obtenidos en los tratamientos realizados, ya que se observó la misma tendencia en cada uno de ellos, es decir, una concentración alta en el t_0 debida a la adición de los texturizantes orgánicos, así como a los nutrientes tanto en forma de sales minerales como en harina de hueso. Es importante resaltar que el tratamiento FCN reportó por mucho, la concentración más alta (8312.63 mg/kg) en gran parte por la urea adicionada como nutriente que por sí misma contiene un 45% de nitrógeno.

En los siguientes dos tiempos, t_1 y t_2 , se observó un decremento de concentraciones lo que reflejó la aplicación de los agentes texturizantes adicionados, los cuales mejoraron la habilidad de el suelo contaminado para retener los nutrientes, proporcionándolos en una forma lenta, misma que fue aprovechada por los microorganismos.

Es importante mencionar que pudo haber pérdidas de nitrógeno en el suelo en forma de amoniaco.

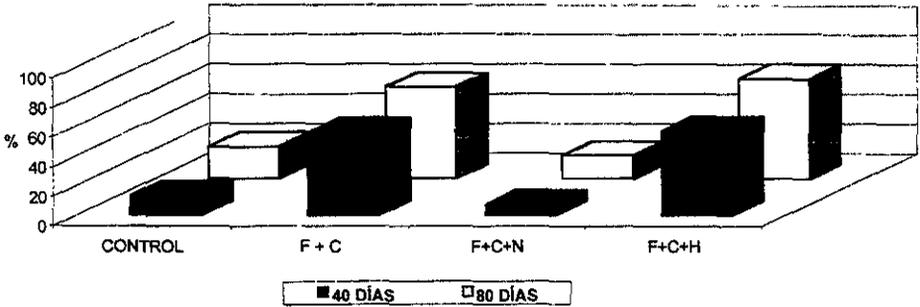
Finalmente el suelo control presentó un comportamiento particular, puesto que inició con una concentración alta de 6079.29 mg/kg, la cual descendió en el t_1 debido a la actividad microbiana, así como a posibles pérdidas gaseosas del nitrógeno y que al t_2 aumentó por compuestos liberados en la muerte celular.

En la figura VI.1.4, se presentan las concentraciones obtenidas. En ella se puede observar la tendencia que presentaron los tres tratamientos, así como el suelo control.

1.5 NITRÓGENO AMONICAL

El análisis para este parámetro es muy particular, puesto que cada tratamiento así como el suelo control presentaron comportamientos singulares.

Así en el suelo control fue donde se obtuvieron las concentraciones más bajas con la tendencia de disminución al transcurso de los días. Esta misma tendencia la presentó el tratamiento FCN, ambos comportamientos se justifican por la asimilación del nitrógeno amoniacal por los



TRATAMIENTO	40 DÍAS			80 DÍAS		
	Conc. inicial	% de suelo residual	% de suelo eliminado	Conc. inicial	% de suelo residual	% de suelo eliminado
Control	61300.55	87.02	12.98	55475.01	78.75	21.25
Fibra de coco + Composta	13817.98	44.29	55.71	11976.98	38.39	61.61
Fibra de coco + Composta + Nutrientes	28149.39	93.04	6.96	25579.20	84.55	15.45
Fibra de coco + Composta + Hueso	13014.65	43.02	56.98	9835.03	32.51	67.49

FIG. VI.1.6 Eliminación del contaminante en el suelo control y en los suelos tratados

CONCLUSIONES

- ✦ La biodegradación de diesel en un suelo contaminado fue exitosa por la adición de materiales orgánicos texturizantes, como son la fibra de coco y la composta.

- ✦ El tratamiento de Fibra de coco + Composta + Hueso fue el mejor, ya que en éste se obtuvo el más alto porcentaje de degradación en comparación con los otros tratamientos y el suelo control.

- ✦ La presencia de los materiales texturizantes ayudó a mantener la humedad alrededor del 40%.

- ✦ El pH se vio favorecido con la adición de texturizantes orgánicos, ya que no hubo fluctuaciones significativas.

- ✦ Las concentraciones tanto de fósforo y nitrógeno en los tratamientos aumentaron con la adición de los texturizantes orgánicos y los nutrientes en comparación al suelo control

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar A., Echevers J. y Castellanos J., 1987. Análisis químico para evaluar la fertilidad del suelo. Sociedad Mexicana de la ciencia del suelo. Publicación Especial. No. 1.
- Aguilera N., 1989. Tratado de edafología de México. Tomo 1. Facultad de Ciencias, UNAM.
- Alexander M., 1994. Introducción a la microbiología del suelo. AGT Editor, S.A., México.
- Allison L. and Richards L., 1985. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. Editorial Limusa, México.
- Atlas R.M., 1977. Stimulated petroleum biodegradation. *Crit. Rev. Microbiol.* 5: 371-386.
- Atlas R.M. and Bartha R., 1973. Stimulated biodegradation of oil slicks using oleophilic fertilizers. *Environ. Sci. Technol.* 7: 538-541.
- Buckman O. and Brady C., 1993. Naturaleza y propiedades de los suelos. Noriega Editores, México.

- Valdyanathan L. V. and Eagle D. J., 1991. The influence of organic matter and clay on adsorption of atrazine by top soils. En: *Advances in organic matter research: the impact on agriculture and the environment*. Ed. The Royal Society of Chemistry, Cambridge (Reino Unido).
- Vizcaino F., 1987. *La contaminación en México*. Fondo de cultura económica. México.
- Walworth J., Woolard C., Braddock F., and Reynolds C., 1997. Enhancement and inhibition of soil petroleum biodegradation through the use of fertilizer nitrogen: an approach to determining optimum levels. *J. Soil Contam.* 6,(5): 465-480.
- Waters A. G. y Oades J. M., 1991. Organic matter in water stable aggregates. En: *Advances in organic matter research: the impact on agriculture and the environment*. Ed. The Royal Society of Chemistry, Cambridge (Reino Unido).
- White R. E., 1987. *Introduction to the principles and practice of soil science*. Ed. Blackwell Scientific Publications, Oxford (Reino Unido).
- Wild A., 1992. *Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russell*. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Zegarra G., 2000. *Optimización de la concentración de fuentes de nitrógeno y fosfatos para la biodegradación de diesel en un suelo contaminado*. FEMISCA. México.