

Degradación biológica por bioestimulación en suelos contaminados con diferentes marcas de hidrocarburos rango diésel comercializadas en México

Santiago Javier de Urioste-Castellanos¹, Karina González Romo¹, Alejandro Islas García²

¹Universidad La Salle México, Facultad de Ciencias Químicas. Ciudad de México, México.

²Universidad La Salle México, Vicerrectoría de Investigación. Ciudad de México, México.

sj.duc@lasallistas.org.mx, k.gonzalezr@lasallistas.org.mx,
alejandro.islas@lasalle.mx

Resumen. Este estudio comparó la eficacia de la degradación microbiológica entre diferentes marcas comerciales de diésel en el suelo. Para esto se realizó una técnica de bioestimulación que consiste en agregar nutrientes y agua para fomentar el crecimiento de los microorganismos nativos. Se analizaron perfiles cromatográficos y diferencias de color entre las marcas, además de evaluar el porcentaje de remoción del diésel. Los resultados demostraron que el tratamiento con bioestimulación fue efectivo en todas las marcas, pero se observó un menor porcentaje de remoción en la marca G500 y mayor en la marca PEMEX, 55.69% y 88.35%, respectivamente. Por lo que se concluye que la biorremediación puede contribuir a reducir contaminación química del suelo empleando microorganismos nativos, pero la eficiencia de degradación del contaminante puede modificarse dependiendo de la composición de las diferentes marcas comerciales del diésel y es necesario realizar pruebas de laboratorio para generar conocimiento sobre la interacción de los aditivos agregados al diésel con la microbiota del suelo. Estos hallazgos respaldan los objetivos de producción y consumo responsables, así como la promoción de la salud y el bienestar de los ecosistemas terrestres y los seres humanos.

Palabras Clave: Biorremediación, Hidrocarburos Fracción Media, Suelo.

1 Descripción de la problemática prioritaria abordada

El suelo es un componente esencial de los ecosistemas, siendo un elemento clave para el mantenimiento y desarrollo de la vida en el planeta. La relación del ser humano con el suelo es tan antigua como su propia existencia. Es por esto por lo que el suelo funge como sostén de varias economías del mundo; actualmente se encuentra en una constante explotación, debido a los modelos de producción y consumo contemporáneos que resultan insostenibles. Dicha explotación es una de las causas de la degradación del suelo, a pesar de que esta se efectúe de manera natural, el aporte antropológico acelera ampliamente el proceso. La FAO (2018), define la degradación del suelo como el cambio del estado de la salud del suelo, lo cual conlleva una disminución de su capacidad de proporcionar bienes y servicios a quienes busquen beneficiarse de él. En la evaluación de la degradación del suelo causada por el hombre en México (SEMARNAT y CP, 2003) se detalla que el 44.9% de los suelos del país pasan por algún proceso de degradación, siendo la

Memorias del Concurso Lasallista de Investigación, Desarrollo e innovación

Vol. 10, Núm. 1, pp. DyT 123-127, 2023, DOI:10.26457/mclidi.v10i1.3865 Universidad La Salle México

SANTIAGO JAVIER DE URIOSTE CASTELLANOS, KARINA GONZÁLEZ ROMO, de la carrera en INGENIERIA AMBIENTAL, de LA FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS, ALEJANDRO ISLAS GARCÍA, de la VICERRECTORIA DE INVESTIGACIÓN, de la UNIVERSIDAD LA SALLE.

ALEJANDRO ISLAS GARCÍA fue el asesor de este trabajo.

degradación química la que ocupa el primer lugar en extensión. De igual forma la SEMARNAT (2018), establece que la degradación química del suelo, resultante de la polución, deriva de la presencia, concentración y efecto biológico negativo que presentan ciertos compuestos; estos pueden provenir de derrames, residuos industriales, tiraderos al aire libre y metales pesados, entre otros. De acuerdo con el INECC (2007), dentro los compuestos peligrosos más comúnmente involucrados en emergencias ambientales se puede encontrar el petróleo y sus derivados (gasolinas, combustóleo, diésel), entre otros. Para la restauración de suelos contaminados, la bioestimulación es una técnica de biorremediación enfocada a la limpieza y recuperación de estos, empleando nutrientes orgánicos e inorgánicos, con el fin de estimular el crecimiento de los microorganismos nativos del suelo que degradan los hidrocarburos (Islas-García *et al*, 2015). El proyecto se sustenta en el ODS no. 3 “Salud y Bienestar”, el no. 12 “Producción y Consumo Responsables” y el no. 15 “Vida de ecosistemas terrestres”; específicamente apoyándonos en las metas 3.9, 12.4 y 15.3. La relevancia del presente proyecto radica en la falta de información concerniente a la manera en que las marcas de diésel comercializadas en México pueden alterar los procesos de biorremediación en el suelo, al momento de una emergencia ambiental resultante de la contaminación con dicha sustancia, debido a las diferencias en sus características fisicoquímicas.

2 Objetivo

General

- Evaluar el porcentaje de remoción en suelo contaminado con diferentes marcas de hidrocarburos rango diésel al aplicar la bioestimulación como técnica de degradación biológica.

Específicos

- Analizar los perfiles cromatográficos y colorimetría de los diferentes tipos de diésel comercial para observar su composición.
- Identificar efecto de las diferentes marcas de diésel en la eficiencia de degradación microbiológica del contaminante mediante una bioestimulación del suelo.

3 Propuesta teórico-metodológica

El estudio se centró en la extracción de hidrocarburos del suelo y la determinación de su concentración. Se llevaron a cabo los siguientes pasos:

a) Preparación de las muestras de suelo contaminado. Se seleccionaron 30 gramos de suelo recuperado de Juchitepec, Estado de México, para cada marca comercial de diésel analizada. Cada muestra de diésel se filtró para eliminar impurezas y luego se diluyó en hexano para contaminar el suelo.

b) Elaboración y tratamiento de bioestimulación en microcosmos. En el laboratorio se desarrollaron los diferentes microcosmos agregando 30 gramos de suelo contaminado para cada marca, se añadió la misma cantidad de fosfato de potasio monobásico, sulfato de amonio y agua en cada microcosmos para proporcionar las condiciones óptimas de crecimiento de los microorganismos nativos. El tratamiento de biorremediación fue durante 30 días y durante este periodo se aireó y se mantuvo la humedad óptima para permitir los procesos aerobios bioestimulación del suelo.

c) Extracción de hidrocarburos. Se utilizó una adaptación del método EPA 3546. Se pesaron 2 gramos de la muestra problema, se deshidrataron con sulfato de sodio y se colocaron en tubos de extracción. Se agregó una solución de diclorometano-acetona y se sometieron los tubos al método

de extracción. La fase líquida resultante se transfirió a matraces y se recuperó el diclorometano-acetona mediante rotoevaporación. Luego se obtuvo la fracción media de hidrocarburos mediante la reconstitución con diclorometano.

d) Análisis Cromatográfico. La fracción obtenida se analizó mediante cromatografía de gases con detector de ionización de flama y columna HP-5 para determinar la concentración de hidrocarburos empleando el método EPA 8015C, que está enfocado en el análisis de hidrocarburos rango diésel de 10 a 28 carbonos .

Además de la extracción de hidrocarburos, se realizaron otros análisis relacionados con la investigación:

e) Determinación de las diferencias de color entre las marcas comerciales de diésel. Como una prueba complementaria se determinó la coloración de cada marca como un indicador indirecto de los diferentes aditivos utilizados en cada una de ellas. Para ello se recolectaron muestras de diésel de cada marca y se realizaron curvas de calibración utilizando diferentes gramajes de café como referencia. Se utilizó la aplicación Color Grab para medir el color de las muestras de diésel en sistemas RGB y LAB; se calcularon los valores de diferencia de color mediante la evaluación de la diferencia de color (DEcmc), así como los valores de unidades de percepción de color en unidades platino-cobalto (UPC) para cada muestra.

Mediante esta metodología integral, se logró abordar de manera efectiva el objetivo de la investigación, permitiendo la extracción y determinación de los hidrocarburos presentes en el suelo, así como el análisis de las diferencias de color y la evaluación de la eficacia del tratamiento de bioestimulación.

4 Discusión de resultados

Las señales de los perfiles cromatográficos de los hidrocarburos rango diésel para diferentes marcas mostraron similitudes, por lo tanto, se infiere que los otros compuestos relacionados a los aditivos no pueden detectarse en los cromatogramas debido a su estructura química. Por lo anterior, se recomienda realizar con otros métodos la caracterización más específica de esos aditivos que pueden contener las diferentes marcas.

Los valores obtenidos de la coloración de cada marca de diésel referidos a la DEcmc y las UPC, se presentan en la Tabla 1 y se observa que si existen diferencias en la coloración que quizá está relacionada con los diferentes aditivos de cada marca, que es importante destacar no se mencionan en los documentos y hojas de seguridad. Mientras que los resultados obtenidos en cuanto al porcentaje de remoción se detallan en la Tabla 2, donde los valores son muy diferentes para cada marca y es evidente que la degradación del diésel en el suelo es afectada por la composición de cada marca comercial.

La bioestimulación funcionó para reducir la concentración del diésel en el suelo, lo cual indica que el proceso de biorremediación puede aportar a disminuir la degradación química del suelo, haciendo que el proyecto sea congruente con lo establecido en la meta 15.3 de los ODS. Sin embargo, a partir de la Figura 1, se puede destacar el caso de dos marcas que presentaron un menor porcentaje de remoción, siendo estas G500 y Red Energy con 55.69% y 65.15%, respectivamente. Al contrario, las marcas PEMEX y BP, presentaron altos valores de remoción con 84.35% y 74.22%, en el orden dado. Debido a que todos los microcosmos contenían un mismo tipo de suelo y las mismas condiciones, la diferencia en la remoción puede atribuirse a las diferencias en la

composición de los diferentes aditivos de cada marca, lo cual puede disminuir la actividad microbiológica y en consecuencia el proceso de biorremediación.

La muestra que presentó el menor valor de UPC fue la que obtuvo el mayor porcentaje de degradación, es decir, el diésel de la marca PEMEX (70.26 UPC, 84.35% de remoción). Mientras que la muestra con el menor porcentaje de remoción (55.69%) fue la misma que obtuvo el número más alto en la determinación de color (1245.13 UPC), siendo esta la muestra de diésel G500. Debido a que la coloración puede variar de acuerdo con los aditivos añadidos por cada marca, se infiere que la marca G500 contiene aditivos que pudieron interferir en el proceso de remediación.

De acuerdo con los principales aditivos adicionados al diésel, determinados a partir de la revisión bibliográfica, se puede suponer un posible efecto de estos ante los microorganismos. Los aditivos presentan en sus estructuras principalmente Carbono, Nitrógeno y Oxígeno los cuales son elementos que pueden ser aprovechados por los microorganismos para su desarrollo, sin embargo, las estructuras químicas de la mayoría de estos aditivos pueden ser más complejas e incluir grupos funcionales que las bacterias prefieren ignorar frente a la presencia de las estructuras del diésel; de igual forma, las estructuras de los aditivos podrían interferir en el correcto desarrollo de los microorganismos.

5 Conclusiones y perspectivas futuras

En la presente investigación se logró comparar la remoción de distintas marcas de diésel en un suelo contaminado tratado mediante bioestimulación. A partir de ello, se afirma que el tratamiento fue efectivo para todas las marcas de diésel, sin embargo, las diferencias de los aditivos agregados a dichas marcas pueden influir en la eficacia del proceso. Los métodos analíticos realizados no detectan los aditivos empleados en las marcas comerciales de diésel, por lo que es necesario realizar otros análisis para la determinación de su composición, pero la variación del color entre las marcas de diésel, reflejado a través de diferencias en las UPC, puede ser un indicador de la aplicación de distintos aditivos. Finalmente se recomendaría determinar el tipo de diésel y sus aditivos para asegurar la mayor eficacia del proceso de biorremediación y los efectos adversos del contaminante a la microbiota del suelo.

6 Agradecimientos

Agradecemos a la Maestra Betsabé Morales y a los integrantes del almacén de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad La Salle, Condesa por su apoyo en la provisión de equipos e instrumentos necesarios para la investigación.

7 Referencias

1. EPA 3546 (2015). Method Microwave extraction. Recuperado de: <https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-12/documents/3546.pdf>
2. EPA 8015C. Method nonhalogenated organics by gas chromatography (FID). Recuperado de: <http://www.epa.gov/osw/hazard/testmethods/sw846/pdfs/8015c.pdf>
3. FAO (2018). Portal de Suelos, Degradación del Suelo. ONU. Recuperado de <https://www.fao.org/soils-portal/soil-degradation-restoration/es/#:~:text=La%20degradaci%C3%B3n%20del%20suelo%20se,prestar%20servicios%20para%20sus%20beneficiarios.>
4. INECC (2007). Fuentes de contaminación en México. México. Recuperado de <https://cofemersi-mir.gob.mx/expediente/19219/mir/42441/anexo/3378348>

5. Islas-García, A; Vega, L; Aguilar, R; Xoconostle, B; Rodríguez, R. (2015) Evaluation of hydrocarbons and organochlorine pesticides and their tolerant microorganisms from an agricultural soil to define its bioremediation feasibility. Journal of Environmental Science and Health, Part B 50, 99-108. DOI: 10.1080/03601234.2015.975605
6. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (10 – 09 – 2013). NORMA Oficial Mexicana que establece los límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y lineamientos para el muestreo en la caracterización y especificaciones para la remediación. (NOM-138-SEMARNAT/SSAI-2012). Secretaría de Gobernación. Diario Oficial de la Federación. Recuperado de: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5313544&fecha=10/09/2013#gsc.tab=0
7. SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales) (2018). Informe de Medio Ambiente. Gobierno de México. México. Recuperado de https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe18/tema/pdf/Cap3_Suelos.pdf

Tabla 1. Valores de diferencia de color (DEcmc) y valores de unidades de percepción de color (UPC) en las diferentes marcas. Elaboración propia.

Marca diésel	DEcmc	UPC
PEMEX	2402514017	70.25171
BP	7594990713	191.26816
REPSOL	18402981930	443.16042
G500	52813373965	1245.13289
RED ENERGY	9136507896	227.19493

Tabla 2. Concentraciones iniciales y finales del diésel en el suelo tratado con bioestimulación durante 30 días. Elaboración propia.

Marca diésel	Concentración inicial (ppm)	Concentración final (ppm)
PEMEX	1317.01	206.12
BP	1093.46	281.94
REPSOL	1053.35	238.71
G500	980.63	434.54
RED ENERGY	1044.41	364.06

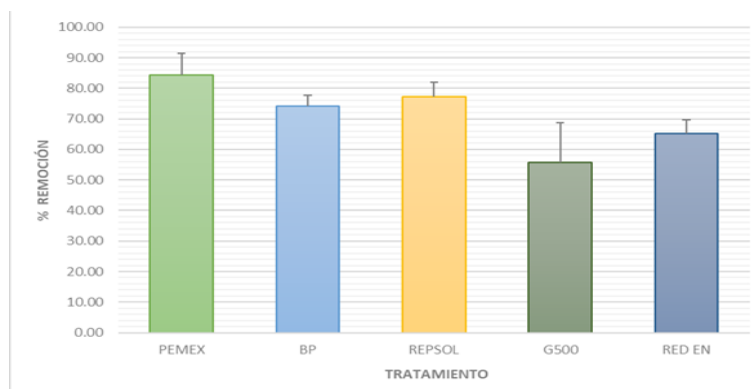


Figura 1. Porcentaje de remoción de diésel en el suelo tratado con bioestimulación durante 30 días. Elaboración propia.