

Recuperación de un suelo contaminado con diesel, usando 2 surfactantes sólidos de uso doméstico

Flor Elena del Ángel Maya¹, José Antonio Zapata Noriega³, Gabriela Lazo Priego², Jorge López Chan³,
Mario José Romellon Cerino¹

- ¹ Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Villahermosa. Departamento de Química-Bioquímica-Ambiental.
² Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Villahermosa. Departamento de Ingeniería en Sistemas y Computación.
³ Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Villahermosa. Departamento de Ciencias Económico-Administrativa.

Resumen

Esta investigación tiene como objetivo recuperar la fertilidad de un suelo contaminado por un derrame de diésel, para ser aprovechado nuevamente. Se usó la técnica de lavado de suelos en la cual se emplearon 2 surfactantes de tipo doméstico en polvo para lavado de ropa, se usaron 6 muestras de 2.5 kg de suelo contaminado, la cuales fueron lavadas con soluciones de dichos surfactantes al 2%, 4% y 6% respectivamente por cada uno de los surfactantes. Los suelos lavados se mezclaron con composta recién elaborada, y se les sembraron 100 semillas de frijol negro a cada muestra de suelo lavado y homogeneizado con composta, para evaluar la germinación y el desarrollo de las plantas de frijol. Obteniendo remociones de diésel de más del 70% en cada prueba y un porcentaje de germinación de frijol negro de más del 90% en todas las muestras.

Abstract

This research aims to recover the fertility of a soil contaminated by a diesel spill, to be used again. The soil washing technique was used in which 2 household powdered surfactants were used for washing clothes, 6 samples of 2.5 kg of contaminated soil were used, which were washed with 2% solutions of said surfactants, 4% and 6% respectively for each of the surfactants. The washed soils were mixed with freshly prepared compost, and 100 black bean seeds were sown in each sample of soil washed and homogenized with compost, to evaluate the germination and development of the bean plants. Obtaining diesel removals of more than 70% in each test and a black bean germination percentage of more than 90% in all samples.

Palabras Clave: lavado de suelos, hidrocarburos, tensoactivos

Keywords: floor washing, surfactants, hydrocarbon

1. INTRODUCCIÓN

El tratamiento y recuperación de los suelos contaminados por diversos tipos de hidrocarburos, es parte importante de las actividades ambientales, ya que el suelo es clave importante de la vida en el planeta. Esto debido a que soporta la vegetación, y es parte de la infraestructura de la biodiversidad que proporciona el buen funcionamiento de un ecosistema natural.

En investigaciones anteriores, hemos observado que la técnica de lavado de suelos empleando surfactantes de tipo doméstico [1,2,4,5,6] ha dado porcentajes de remoción alentadores, como para ser empleados para la recuperación de suelos contaminados por diésel o petróleo crudo.

Debido a que los surfactantes de tipo doméstico no son tan agresivos con el suelo [3], podemos emplearlos para recuperar los suelos contaminados con diésel y lograr que recuperen su capacidad de sustento de vegetación y biodiversidad.

En esta investigación se dio tratamiento a un suelo contaminado con diésel por la técnica de lavado de suelos [7] evaluando la capacidad de remoción del diésel de 2 surfactantes de tipo doméstico [2, 6] en polvo. Apoyado de la técnica de compostaje, para después evaluar el crecimiento y desarrollo de semillas de frijol [1].

2. METODOLOGÍA

Empleando la metodología reportada por Arteachi *et al* [1], Romellón *et al* [4], Romellón *et al* [5], Ruiz Moreno [6], Romellón *et al* [8] se recolectaron 18 kg de muestras de suelo contaminado con diésel, dividiéndolas en muestras de 2.5 kg cada una.

Se prepararon concentraciones al 2%, 4% y 6% respectivamente, de solución con surfactantes de uso doméstico en polvo. Los surfactantes empleados fueron: uno tipo Blanca Nieves en polvo y el otro tipo Ariel en polvo. Para el tratamiento de las muestras de suelo contaminado con la técnica de lavado de suelos se procedió conforme lo reportado por Romellón, *et al* [8].

Se realizó el lavado manual del suelo contaminado con ayuda de guantes látex durante 15 min, después de ese proceso se dejó reposar aproximadamente 15 min. Se retiró el exceso de agua, depositando el agua en un recipiente de plástico tipo palangana. Posteriormente se realizaron dos enjuagues, empleando 1 litro de agua en cada uno de estos. Para eliminar el excedente de agua se utilizando tamices inoxidables de malla 60, 80 y 100 para realizar el colado de las muestras [1], [4], [8]. Una vez finalizado el lavado se dejaron reposar para el secado al sol, empleando palanganas de plástico, esto durante 3 días seguidos (Imagen 1).



Imagen 1. Lavado manual del suelo contaminado con diésel

Una vez secas las muestras, se realizó el tamizado para separar las partículas finas de las gruesas. Los tamices empleados fueron: malla #20 (0.0331in), #30 (0.0232 in) y #40 (0.0165 in). El tiempo de agitación a cada muestra para el tamizado fue de 15 minutos [1,4,5,8]. La muestra una vez tamizada y separada por tamaño de partículas fueron conservadas en bolsas de polietileno (Imagen 2).



Imagen 2. Tamizado de las muestras de suelo lavadas con surfactantes doméstico en polvo

Se utilizó la técnica de extracción de grasas y aceites por el método Soxhlet para determinar la concentración de diésel que quedo en cada muestra de suelo lavado con los surfactantes de tipo doméstico en polvo (Blanca Nieves y Ariel), como disolvente para la extracción se utilizó el Diclorometano (CH_2Cl_2), se siguió la metodología reportada por Artechchi *et al* [1], Romellón *et al* [4], Romellón *et al* [5], Ruiz Moreno [6], Romellón *et al* [8] (Imagen 3).



Imagen 3. Determinación de HTP's con la técnica de extracción de grasas y aceites

Se elaboró una composta para enriquecer la flora microbiana de las muestras de suelo lavadas previamente con los surfactantes de tipo doméstico. La composta se elaboró de la siguiente manera: En una pileta de aproximadamente 1 m^3 , se fueron depositando en capas de 10 cm hojas secas, estiércol de ganado vacuno, vegetales en descomposición. En el siguiente orden: tierra negra, hojas secas, tierra negra, estiércol, tierra negra, vegetales, tierra negra. Quedando en la parte superior e inferior de la pileta las capas de tierra negra.

Una vez preparada la composta (Imagen 4), se dejó reposar por más de 3 meses, para que estuviera madura y lista para su uso. Para enriquecer el suelo lavado, cada muestra fue revuelta en una proporción 1:1, es decir por cada kilogramo de suelo tratado se le adicióno un kilogramo de composta y se homogeneizo.



Imagen 4. Elaboración de la composta

Una vez homogeneizada las muestras, se procedió a preparar el medio donde se sembraron las semillas de frijol. Para lo cual se emplearon rejas de madera que se usan normalmente para acarrear vegetales. A cada reja de madera se le incorporo el suelo homogeneizado con la composta y se le sembraron 100 semillas de frijol negro a una profundidad de 1 cm cada una de ellas. Las semillas de frijol negro se sembraron el día 17 de diciembre de 2023 y se monitoreo su desarrollo por 24 días, dando por terminado el experimento el día 10 de enero de 2024 (Imagen 5).



Imagen 5. Monitoreo del desarrollo de semillas de frijol negro

3. RESULTADOS

El suelo contaminado con diésel tuvo una concentración inicial de HTP's de 14 679. 7064 ppm (Tabla 1 y 2). Podemos observar que el porcentaje de remoción de diésel con el surfactante blanca nieves en polvo al 2% fue del 32.35%, que al 4% la remoción fue del 44.05% y que al 6% la remoción fue del 84.6% (Tabla 1). En cuanto al surfactante Ariel en polvo trabajadas a las mismas concentraciones que el Blanca niveles, su porcentaje de remoción fue del 74.74%, 79.81% y del 87.53% respectivamente (Tabla 2).

Tabla 1. Concentración de diésel en las muestras de suelo lavadas con surfactante Blanca Nieves en polvo

Concentración del Surfactante Blanca Nieves en polvo	Concentración inicial de diésel en la muestra de suelo contaminado en ppm	Concentración de diésel en las muestras de suelo contaminado después del lavado con surfactante en ppm	Concentración de diésel removido después del lavado de suelos en ppm	% de diésel removido el surfactante Blanca Nieves en polvo
2%	14679.7064	6217.3480	4749.3774	32.353
4%		8212.3333	6467.3731	44.056
6%		2259.9209	12419.7974	84.605

Tabla 2. Concentración de diésel en las muestras de suelo lavadas con surfactante Ariel en polvo

Concentración del Surfactante Ariel en polvo	Concentración inicial de diésel en la muestra de suelo contaminado en ppm	Concentración de diésel en las muestras del suelo contaminado después del lavado con surfactante en ppm	Concentración de diésel removido después del lavado de suelos en ppm	% de diésel removido utilizando el surfactante Ariel en polvo
2%	14679.7064	3706.4696	10973.2368	74.749
4%		2963.1729	11716.5335	79.814
6%		1829.8574	12849.849	87.5350

Los resultados de germinación, sobrevivencia, mortalidad y crecimiento de las semillas de frijol empleadas para la prueba de germinación y desarrollo en cada muestra de suelo tratadas con los surfactantes en polvo de uso doméstico, podemos observar datos de germinación encima del 90% en todas las muestras (Tabla 3 y 4).

Tabla 3. Desarrollo de las muestras de frijol en las muestras de suelo lavada con surfactante Blanca Nieves en polvo

Concentración del Surfactante Blanca Nieves en polvo	Germinación en %	Sobrevivencia en %	Mortalidad en %	Rango de crecimiento en cm
2%	90	45	20	28-32
4%	95	58	30	30-34
6%	95	62	38	40-50

Tabla 4. Desarrollo de las muestras de frijol en las muestras de suelo lavada con surfactante Ariel en polvo

Concentración del Surfactante Ariel en polvo	Germinación en %	Sobrevivencia en %	Mortalidad en %	Rango de crecimiento en cm
2%	90	40	25	28-34
4%	96	55	40	28-34
6%	98	60	48	45-60

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La concentración de surfactante en polvo Ariel, empleada en la técnica de lavado de suelos que presento un porcentaje de remoción mayor fue la del 6%, ya que esta removió un 87.5350% de diésel. Mientras que la concentración de surfactante en polvo Ariel al 2%, presento un 74.749% de remoción de diésel. En cuanto al surfactante Blanca Nieves en polvo la solución al 2% removió un 32.35% de diésel y la solución al 6% de surfactante Blanca Nieves en polvo removió un 84.60%.

Comparando ambos surfactantes en polvo en cuanto a la concentración empleada en la técnica de lavado de suelos, se puede observar que la solución de surfactante Ariel en polvo al 6% presento la mayor remoción de diésel con un 87.53% y que la solución del surfactante Blanca Nieves al 2% tuvo la menor remoción con un 32.35%. Comparando ambos surfactantes entre sí, podemos observar que el Ariel presenta una remoción promedio del 80.70%, mientras que el Blanca Nieves presenta un promedio del 64.33%.

Romellón, et al en 2024, obtuvieron eficiencias de remoción de diésel de un 72.16% utilizando Ace al 12% y de un 71.41% de remoción de diésel usando Ace al 10% con la misma técnica de lavado de suelos [8]. El surfactante Ace en polvo en una solución al 6% y al 8% empleado con la técnica de lavado de suelos obtuvo una remoción de diésel del 48.46% y del 46.62% respectivamente, según lo reportado por Romellón, et al en 2023 [7]. El surfactante en polvo Ace, en una solución al 2% remueve un 73.71% de diésel y usándolo al 4% remueve un 71.74% de diésel según lo reportado por Arteachi, et al en 2024 [1].

Conforme los resultados obtenidos en esta investigación el surfactante doméstico en polvo Ariel empleado en una solución al 6% con la técnica de lavado de suelos puede remover un mayor porcentaje de diésel que lo reportado en las otras investigaciones, ya que este rebasa el 87% de remoción de diésel y los mencionados anteriormente no llegan a remover ni un 72% del contaminante.

En cuanto a la prueba de fertilidad realizada a las muestras de suelo lavada con los 2 surfactantes en polvo, podemos observar que las tasas de germinación de frijol rebasan el 90% en todas las muestras trabajadas, así mismo el porcentaje de sobrevivencia de las plántulas está en el rango del 40% al 62%, y presentan un crecimiento que va desde los 28 cm a los 60 cm.

Podemos concluir entonces que el suelo está parcialmente recuperado y puede albergar vegetación. Sin embargo, aún no está dentro de los límites máximos permisibles de HTP's que marca la legislación nacional, por lo que se recomienda terminar de darle tratamiento hasta que cumpla con la legislación.

REFERENCIAS

- [1] Arteachi García, María Fernanda; Aguilar Cruz, José Manuel; Zapata Noriega, José Antonio; Del Ángel Maya, Flor Elena; Romellón Cerino, Mario José. (2024) Estimación de la eficiencia de remoción de diésel en un suelo contaminado, usando un surfactante sólido granular de uso doméstico al 2% y 4%. Innovación y Desarrollo Tecnológico Revista Digital. Vol. 16, Número 1. Enero-marzo. ISSN: 2007-4786
- [2] Mata Guadarrama, M. A. (2023). Remediación de suelos contaminados con hidrocarburos pesados utilizando biosurfactantes y surfactantes químicos (Master's thesis, Universidad Autónoma Metropolitana (México). Unidad Azcapotzalco. Coordinación de Servicios de Información.).

- [3] Riojas González, HH, Torres Bustillos, LG, Mondaca Fernández, I., Balderas Cortes, JDJ, & Gortáres Moroyoqui, P. (2010). Efectos de los surfactantes en la biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos. *Química Viva*, 9 (3),120-145. [fecha de Consulta 29 de octubre de 2023]. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86315692003>
- [4] Romellón Cerino, Julio Cesar; Ángeles Guzmán, Casandra; Tamayo Uribe, Roger; Martínez Vichel, Guadalupe; Romellón Cerino, Mario Jose. (2023). Tensoactivo sólido de uso doméstico al 6% y 8%, para el lavado de suelos contaminados con diésel. *Innovación y Desarrollo Tecnológico Revista Digital*. Vol. 15, Número 4. Octubre-diciembre. ISSN: 2007-4786.
- [5] Romellón Cerino, Mario José; Vazquez González, María Berzabe; Romellón Cerino, Julio Cesar; Magaña Flores, Anel; Cardenas Valdez, Ana Fabiola (2020). Determinación de la eficiencia de un surfactante líquido de uso doméstico para remover hidrocarburos de un suelo contaminado. *Universita Ciencia. Revista electrónica de Investigación de la Universidad de Xalapa*. Año 9, Número 26. Septiembre-diciembre 2020. ISSN 2007-3917. Xalapa, Veracruz, México.
- [6] Ruíz Moreno, Amalia Xiutlhalzin (2018). Tesis de Maestría: Surfactantes domésticos (líquidos) en la remediación de suelos contaminados por hidrocarburos. Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Villahermosa. Villahermosa, Tabasco, México.
- [7] Volke Sepúlveda, Tania y Antonio Velasco, Juan (2002). *Tecnologías de remediación para suelos contaminados*. INE-SEMARNAT.México. ISBN: 968-817-557-9
- [8] Romellón Cerino, Mario José; Adriana Pérez Castillo, Félix Díaz Villanueva, Loyda Sánchez Marín, Eduardo Gómez Cordova (2024). Remoción de diésel de un suelo contaminado usando un tensoactivo sólido (granular) de uso doméstico al 10% y al 12%. *Innovación y Desarrollo Tecnológico Revista Digital*. Vol. 16, Número 1. Enero-marzo. ISSN: 2007-4786.

Correo de autor de correspondencia: mjrcerino@gmail.com; mario.rc@villahermosa.tecnm.mx