

# Remoción de diésel de un suelo contaminado usando un tensoactivo sólido (granular) de uso doméstico al 10% y al 12%

Mario José Romellon Cerino<sup>1</sup>, Adriana Pérez Castillo<sup>2</sup>, Félix Díaz Villanueva<sup>2</sup>, Loyda Sánchez Marín<sup>2</sup>, Eduardo Gómez Córdova<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Villahermosa. Departamento de Química-Bioquímica-Ambiental

<sup>2</sup> Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Villahermosa. Departamento de Ingeniería en Sistemas y Computación

<sup>3</sup> Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Villahermosa. Departamento de Ciencias de la Tierra

## Resumen

El objetivo de esta investigación es evaluar el porcentaje de remoción de diésel en un suelo orgánico contaminado usando la técnica de lavado de suelos, pero empleando un tensoactivo granular de tipo doméstico a 2 concentraciones conocidas, la primera al 10% y la segunda al 12% con la intención de conocer cual concentración de tensoactivo tiene un mayor porcentaje de remoción de diésel. Después de aplicada la técnica de lavado de suelo a las concentraciones mencionadas con anterioridad, se obtuvo que el suelo lavado con la concentración del 10% de tensoactivo presentó una remoción del 71.4125 % de diésel y que el suelo lavado con la concentración de 12% de tensoactivo le fue removido el 72.1657 % de diésel. Podemos observar que la diferencia del porcentaje de remoción es no mayor al 1%, por lo que podríamos sugerir que se emplee a una concentración del 10% de tensoactivo.

## Abstract

The objective of this research is to evaluate the percentage of diesel removal in a contaminated organic soil using the soil washing technique, but using a domestic granular surfactant at 2 known concentrations, the first at 10% and the second at 12%. with the intention of knowing which concentration of surfactant has a higher percentage of diesel removal. After applying the soil washing technique to the concentrations mentioned above, it was obtained that the soil washed with the concentration of 10% of surfactant presented a removal of 71.4125% of diesel and that the soil washed with the concentration of 12% of 72.1657% of diesel was removed from the surfactant. We can see that the difference in the removal percentage is no more than 1%, so we could suggest that it be used at a concentration of 10% of surfactant.

**Palabras Clave:** lavado de suelos, hidrocarburos, surfactantes, remediación fisicoquímica

**Keywords:** surfactants, detergent, hydrocarbon

## 1. INTRODUCCIÓN

Para recuperar los suelos contaminados con hidrocarburos, pesticidas, metales preciosos, entre otros contaminantes; la técnica de lavado de suelos es una de las más empleadas en México, ya que remueve los contaminantes mediante el uso de soluciones de tipo acuoso, extrayendo las partículas finas en el proceso [7]. Los surfactantes que se emplean comúnmente en esta técnica, pueden provocar alteraciones en el tipo y calidad del suelo, ya que en ocasiones se adhieren al suelo disminuyendo su porosidad y permeabilidad [7].

Debido a lo anterior es necesario buscar surfactantes o tensoactivos que puedan ayudar a remover dichos contaminantes [3,6], pero que no alteren las propiedades fisicoquímicas del suelo o en su caso que su impacto sea menor.

Los surfactantes de uso doméstico presentan un área de oportunidad que debe ser evaluada como parte la técnica de lavado de suelos [6], ya que estos al tener una menor concentración que los surfactantes de tipo industrial usados normalmente, pueden ser menos agresivos con el suelo [2]. Los surfactantes de uso doméstico se presentan en diferentes presentaciones y usos por lo cual existe un amplio campo de investigación y evaluación para ellos en la técnica de lavado de suelos.

Podemos mencionar que entre los surfactantes de uso doméstico tenemos versiones en polvo, líquido y en barra, así como para lavado de ropa, para lavado de platos, para aseo personal y de usos múltiples [4]. Por lo tanto, las posibilidades de evaluación y aplicación son muchas, así como las posibles combinaciones y evaluaciones.

En este trabajo se evaluó la eficiencia de remoción de un surfactante granular (detergente en polvo) de tipo doméstico para lavado de ropa marca Ace a una concentración del 10% y del 12% con la finalidad de conocer cual concentración puede remover más diésel de la muestra de suelo contaminado.

## 2. METODOLOGÍA

Se trabajó una muestra de suelo orgánico (tierra negra) contaminado con diésel, este se almaceno en una pileta de 1 m<sup>3</sup>, de la pileta se extrajeron 2 muestras de 2.5 kg de Suelo Contaminado con Diésel (SCD) en bolsas de polietileno.



Imagen 1. Lavado del suelo contaminado

Para realizar el lavado de suelo, se prepararon las soluciones de surfactantes sólido granular al 10% y al 12%, para lo cual se emplearon 100 gr y 120 gr del surfactante sólido granular (en polvo marca Ace) por cada litro de agua.

El lavado de suelo se realizó de la siguiente manera: en una palangana de plástico se depositaron 2.5 kg de suelo contaminado al cual se le adicionaron 2.5 litros de la solución del surfactante al 10%. Se mezcló el suelo contaminado con la solución del surfactante hasta homogeneizarla y se agito manualmente por 15 minutos, transcurrido el tiempo de agitación se dejó en estado de reposo por un tiempo de 1 hora (Imagen 1).

Se retiró el agua excedente colándola con la ayuda una manta de tela, después de ello se le adicionaron 2 litros de agua y se agito por 15 minutos, para continuar con el lavado del suelo; después se eliminó el excedente de agua de la forma antes mencionada, acto seguido se procedió a adicionar 2 litros de agua de nueva cuenta y se agito por otros 15 minutos. Para eliminar el excedente de agua se procedió de la forma mencionada al inicio de

la técnica. Este procedimiento se repitió para la muestra de suelo lavada con el surfactante sólido granular al 12%.

Posteriormente se dejaron secar las muestras exponiéndolas al sol durante un período de 72 horas, hasta estar seguros que estuvieran totalmente secas [1].

Se procedió a tamizarlas para separar las partículas finas de las gruesas. Los tamices se colocaron de manera descendente de la siguiente manera: malla #20 (0.0331in), #30 (0.0232 in) y #40 (0.0165 in). Se usó un equipo Rotor R-06 el cual las tamizo por un tiempo de 15 minutos cada muestra (Imagen 2) [1,4,5]. La muestra una vez tamizada y separada por tamaño de partículas fue guardada en bolsas de polietileno.



Imagen 2. Tamizado de las muestras de suelo contaminado después del lavado

Para la determinación de la concentración de hidrocarburos se empleó la muestra más fina que se obtuvo del tamizado.

Para calcular y determinar la cantidad de diésel presente en el suelo, se empleó el método Soxhlet en el cual se extraen las grasas y los aceites de la muestra. Para ello se empleó el Diclorometano ( $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ), como disolvente orgánico volátil, el cual se mantuvo circulando aproximadamente 20 veces durante un período de 10 horas a través de la muestra (Imagen 3).



Imagen 3. Determinación de diésel con el equipo Soxhlet

A cada cartucho de celulosa empleado se le agregaron 10 gr de la muestra de suelo, tanto el cartucho de celulosa como la muestra de suelo fueron sometidos a peso constante. En el matraz balón de fondo plano empleado se le adicionaron 300 ml de CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> y se ensambló en el equipo Soxhlet.

Una vez transcurridas las 10 horas de recirculación del CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>, se procedió a determinar la concentración del diésel extraído en la muestra. Proceso que se realizó poniendo a peso constante cada cartucho y por diferencia de pesos se calculó la cantidad de diésel removido en cada muestra trabajada con el equipo Soxhlet (Tabla 1, Tabla 3).

### 3. RESULTADOS

La concentración inicial de diésel en el suelo contaminado fue de 92011.56 ppm (Tabla 2). De cada muestra de suelo lavado con surfactantes, se extrajeron 3 muestras para realizar la determinación de la concentración de Diesel, empleando el equipo Soxhlet. En la tabla 2, podemos observar que el promedio de diésel fue de 26303.81 ppm en la muestra de suelo lavado con el surfactante granular de tipo doméstico (ACE) a una concentración del 10%. El suelo lavado con una concentración del 12% de surfactante granular de tipo doméstico (ACE) obtuvo una concentración de diésel de 25610.79 ppm (Tabla 4).

**Tabla 1.** Datos de las muestras de suelo lavado con Ace al 10% para la determinación de la concentración de Diesel

No. De Muestra	Muestra de suelo en el cartucho antes de la extracción	Peso inicial del cartucho en gramos	Peso final del cartucho, después de la extracción en el Soxhlet	Diesel removido	% de Diesel removido de la muestra	Concentración de Diesel
1	9.5813 gr	13.5328	13.2821 gr	0.2507 gr	2.6166	26165.55 ppm
2	9.9842 gr	14.6007	14.3391 gr.	0.2616 gr	2.6201	26201.40 ppm
3	9.8567 gr	14.4102	14.1524 gr	0.2578 gr	2.6544	26544.48 ppm

**Tabla 2.** Concentración de Diesel después de la técnica de lavado con surfactante granular de uso doméstico Ace al 10%

No. De Muestra	Concentración en PPM de Diesel en el suelo después del tratamiento	Concentración inicial de Suelo contaminado con Diesel en PPM	Porcentaje de Diesel removido
1	26165.55 ppm	92011.5653	71.4125 %
2	26201.40 ppm		
3	26544.48 ppm		
PROMEDIO	26303.81 ppm		

**Tabla 3.** Datos de las muestras de suelo lavado con Ace al 12% para la determinación de la concentración de Diesel

No. De Muestra	Muestra de suelo en el cartucho antes de la extracción	Peso inicial del cartucho en gramos	Peso final del cartucho, después de la extracción en el Soxhlet	Diesel removido	% de Diesel removido de la muestra	Concentración de Diesel
1	9.8389 gr	14.5005	14.2406 gr	0.2599 gr	2.6416	26415.55 ppm
2	9.9463 gr	14.5832	14.3320 gr	0.2512 gr	2.5256	25255.62 ppm
3	9.7494 gr	14.3510	14.1009 gr	0.2501 gr	2.5161	25161.22 ppm

**Tabla 4.** Concentración de Diesel después de la técnica de lavado con surfactante granular de uso doméstico Ace al 12%

No. De Muestra	Concentración en PPM de Diesel en el suelo después del tratamiento	Concentración inicial de Suelo contaminado con Diesel en PPM	Porcentaje de Diesel removido
1	26415.55 ppm	92011.5653	72.1657 %
2	25255.62 ppm		
3	25161.22 ppm		
PROMEDIO	25610.79 ppm		

#### 4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Podemos observar conforme a los resultados obtenidos que el porcentaje de remoción de diésel en la muestra de suelo contaminado fue de un 71.4125 % con una concentración de surfactante al 10% y de un 72.1657 % de diésel removido a la muestra tratada con un 12% de surfactante.

Romellón, et al en 2023 reportaron porcentajes de remoción de diésel del 48.46% al trabajar con el mismo surfactante doméstico de tipo granular, pero al 6 %, y del 46.62 % de remoción de diésel al trabajarlo con una solución al 8 % de surfactante.

Arteachi, et al en 2024, reportaron una remoción de diésel del 73.71 % al trabajar con el mismo surfactante, pero al 2% de concentración, y al trabajar con una solución al 4% de surfactante lograron remover un 71.74% de diésel. Podemos observar entonces una variación significativa del porcentaje de remoción del diésel en el suelo contaminado al ser lavado con el surfactante doméstico de tipo granular ACE, a las concentraciones del 2%, 4%, 6%, 8%, 10% y 12%. Siendo las concentraciones del 6% y 8% las que menor eficiencia de remoción de diésel presentan.

Comparando estos resultados podemos observar que las concentraciones de remoción de diésel tratadas con las soluciones de surfactante a las concentraciones del 2%, 4%,10% y 12%, presentan datos similares, por lo que es aconsejable utilizar una menor concentración de surfactante para tener una buena eficiencia de remoción del diésel y disminuir los costos de tratamientos con este tipo de surfactante doméstico de tipo granular.

Aunque sería interesante repetir las pruebas al 6% y al 8% para corroborar los porcentajes de remoción de diésel, ya que el porcentaje tan bajo de remoción de diésel, puedo haber sido un problema de error humano en la experimentación de dicho proyecto.

#### 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

Correo de autor de correspondencia: [mjrcerino@gmail.com](mailto:mjrcerino@gmail.com); [mario.rc@villahermosa.tecnm.mx](mailto:mario.rc@villahermosa.tecnm.mx)