



Received: feb 26, 2025 / Accepted: Mar 17, 2025

Artículo Original

## Dosis de materia orgánica en la reducción de hidrocarburos fracción F2 en suelo residencial utilizando girasol como indicador

### Organic matter dosage in hydrocarbon reduction fraction F2 in residential soil using sunflower as an indicator

R. Fernandez-Moreno<sup>1</sup> , J. Tomas-Robles<sup>1</sup> , E. Mendoza-Nieto<sup>1</sup> , J. Padilla-Ramirez<sup>1</sup>   
, R. Toscano-Justino<sup>1</sup> 



<https://doi.org/10.51431/par.v7i1.1012>

#### Resumen

**Objetivo:** Analizar la eficiencia del estiércol de vacuno para reducir los niveles de hidrocarburos de fracción media F2 en una matriz de suelo residencial. **Metodología:** El experimento fue desarrollado durante 18 semanas, los tratamientos aplicados fueron: T1: 0%, T2: 10%, T3: 20%, T4: 30% y T5: 40% de estiércol, cada uno con tres repeticiones, cuatro talleres de mecánica con un total de 120 unidades experimentales, cada una con 2 kg de suelo residencial, al que se añadió tres semillas de girasol como planta indicadora por replicación. **Resultados:** La aplicación de 40% de estiércol de vacuno al suelo residencial redujo en mayor porcentaje la concentración de la fracción F2 y mejoró la germinación y desarrollo de la semilla de girasol en comparación a los demás tratamientos. **Conclusiones:** El estiércol de vacuno, en dosis de 40%, es una alternativa eficiente para reducir los niveles de hidrocarburos de la fracción de fracción F2 en suelo residencial.

**Palabras clave:** hidrocarburos, materia orgánica, suelo contaminado, germinación, girasol.

#### Abstract

**Objective:** To analyze the efficiency of organic compounds (cattle manure) in reducing the levels of medium hydrocarbon fraction F2 in a residential soil matrix. **Methodology:** The experiment was conducted over 18 weeks. The applied doses were T1: 0%, T2: 10%, T3: 20%, T4: 30%, and T5: 40% manure, each with three replicates, totalling 15 experimental units of 2 kg of residential soil, and three sunflower seeds used as indicator plants. **Results:** Cattle manure achieved a reduction in the concentration of the F2 fraction from 6.16% (T1) to 53.61% (T5). Additionally, it improved germination and height development of the sunflower compared to the other treatments. **Conclusions:** Organic amendments such as cattle manure significantly reduce the concentration of the F2 hydrocarbon fraction in residential soil, enabling sunflower growth.

**Keywords:** hydrocarbons, organic matter, contaminated soil, sunflower

<sup>1</sup>Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Av. Mercedes Indacochea 15136, Huacho, Lima, Perú,

\*Autor para correspondencia: [cfmoreno99@gmail.com](mailto:cfmoreno99@gmail.com)

## Introducción

El suelo es un elemento fundamental e imprescindible para el desarrollo de todos los seres vivos, siendo especialmente importante en la existencia del ser humano. A nivel mundial existen refinerías de petróleo, que producen múltiples derivados (petróleo, gasolina, aceites) que luego son transportados para el uso en diferentes actividades industriales generando contaminación del suelo, aún con el adecuado manejo y almacenamiento. Uno de los casos resalantes a gran escala es lo ocurrido en México el 31 de diciembre del 2011, por la empresa petrolera PEMEX, donde accidentalmente se produjo el derrame de petróleo afectando aproximadamente 3.5 ha en el río Coatzacoalcos, ubicada en Veracruz. Sin embargo, hasta la fecha no se ha subsanado en su totalidad la contaminación del río en referencia (Flores, 2013).

En Perú, los problemas ambientales por el derrame de petróleo son muy frecuentes, principalmente en la región selva; esta problemática se suscita por la ineficiente gestión, evaluación, control y fiscalización, por parte de las autoridades competentes del Estado. Un caso reciente, fue el ocasionado por la empresa Repsol, ubicado en el distrito de Ventanilla, departamento de Lima, el 15 de enero del 2022, donde el derrame de petróleo crudo contaminó 50 km del litoral marino costero, y fue catalogada como “Desastre Ecológico”. Hasta la fecha no se ha resarcido en su totalidad la contaminación generada por el vertimiento de crudo. Asimismo, las autoridades como el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA, aún siguen en discrepancia con la empresa Repsol sobre la remediación de las áreas contaminadas.

La “Guía Ambiental para la Restauración de Suelos en Instalaciones de Refinación y Producción Petrolera” (Ministerio de Energía y Minas MINEM, 2002) y “Guía para el Manejo de Desechos de las Refinerías de Petróleo” (MINEM, 2002), regulan el empleo de diferentes técnicas para la recuperación de suelos contaminados, mediante la biorremediación. En Huacho, el suelo de los talleres de mecánica de la Av. antigua panamericana norte, presentan contaminación con derivados del petróleo debido a los derrames que se origina por la actividad misma. La presencia de estos compuestos altera la calidad de suelo mediante la erosión e infertilidad, El estudio tiene como objetivo

evaluar la dosis de materia orgánica en la reducción de hidrocarburos fracción F2 en suelo residencial utilizando girasol como indicador,

## Metodología

### Conducción del experimento

#### Fase 1: Procedimientos previos

Obtención y tamizado de muestra de suelo residencial: se recolectaron muestras de suelo residencial en los cuatro (04) talleres de mecánica de la ciudad de Huacho, con el siguiente procedimiento establecido por la “guía para el muestreo de suelos” (Ministerio del Ambiente [MINAM],2014).

Se procedió a limpiar el área de extracción de muestra (1 m x 1 m). Posteriormente se excavó un área de 0.40 m x 0.40 m con 0.10 m de profundidad (capa de contacto dermal de contaminantes), según la guía para muestreos de suelos (Ministerio del Ambiente, 2014). Luego se homogenizaron las muestras y se descartó algún residuo mediante el tamizado (partículas de 2 mm) para tener como peso ideal 10 kg por cada taller de mecánica, siendo un total de 30 kg de suelo. Luego las muestras se homogenizaron y 500 g de suelo residencial fue llevada al laboratorio R – LAB en la ciudad de Lima para ser analizada.

Análisis del suelo residencial: se realizó en el laboratorio R-LAB, empleó la norma EPA Method 8015C.2007, Non Halogenated Organics using GC-FID (Sampling & Analysis), 2007. La fracción de hidrocarburos F2 analizada fue 2 519.77 mg/kg, lo cual, sobre pasa el Estándar de Calidad Ambiental – ECA Suelo, siendo el valor aceptable 1 200 mg/kg para Suelo Residencial/Parques

Análisis de salinidad de suelo residencial: se separó una muestra de 01kg de suelo residencial, luego se trasladó al laboratorio ALAB de la ciudad de Lima para su respectivo análisis..

El suelo presenta un pH 6,67 cercano a la neutralidad dentro del rango de 6,5 – 7.5, intervalo óptimo para la mineralización de compuestos derivados de petróleo (Asadollahi, 2016). Asimismo, la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) fue 6,63 meq/100 g, es un valor bajo para la actividad de un suelo, esto se explica debido a la baja cantidad de arcilla e inherente característica de un suelo arenoso. La

Conductividad Eléctrica (C.E) fue 6 101,0 uS/cm, es el triple del rango ideal para considerar un suelo fértil.

Además, los valores de Calcio (Ca) y Magnesio (Mg) se encontraron por debajo del rango ideal, mientras que el Sodio (Na) y Potasio (k) estuvieron dentro del rango ideal. Además, el porcentaje de Materia Orgánica (14.60%) fue aceptable y estuvo por encima del rango ideal (Ministerio de Agricultura [MIDAGRI], (2011).

Recolección y análisis del estiércol de vacuno: las muestras se obtuvieron del establo lechero perteneciente a la Empresa Agraria Azucarera Andahuasi, ubicada en el distrito de Sayán.

Una muestra de 1 kg fue llevada al laboratorio de la Universidad Agraria La Molina en la ciudad de Lima para ser analizada. El valor de pH fue 8.83 ligeramente alcalino y está dentro del rango de pH de 4 – 9, siendo favorable para una buena evolución del proceso de degradación de materia orgánica (Bailón y Florida, 2021). La Conductividad Eléctrica (C.E) fue 5.84 dS/m, está por debajo del óptimo (36.0 dS/m), la CE disminuye a medida que el estiércol va madurando paulatinamente.

Mediante la degradación de la materia orgánica se generan compuestos inorgánicos que a la vez incrementa conductividad eléctrica (Cordero, 2013). La materia seca representa el 65.22%. Asimismo, el estiércol de vacuno es rico en nutrientes como el fosfato, potasio y cierta cantidad de calcio para beneficio de los cultivos; además mejora la calidad del suelo (Albanell et al., 1988).

**Macetas:** son recipientes que se emplearon para colocar el suelo residencial, luego se añadió las dosis de materia orgánica por cada tratamiento y posteriormente las semillas de girasol, Las dimensiones del recipiente fueron: 21 cm x 19 cm.

Se evaluaron cinco (05) dosis, incluyendo el testigo, cada uno presentó tres (03) repeticiones, siendo los siguientes:

- T1: Suelo residencial + estiércol de vacuno 0% + semillas de girasol.
- T2: Suelo residencial + estiércol de vacuno 10% + semillas de girasol.
- T3: Suelo residencial + estiércol de vacuno 20% + semillas de girasol.

- T4: Suelo residencial + estiércol de vacuno 30% + semillas de girasol.
- T5: Suelo residencial + estiércol de vacuno 40% + semillas de girasol.

### *Diseño experimental*

Se empleó el Diseño en bloques completos al Azar (DBCA), con cinco tratamientos, cuatro talleres (bloque) y tres repeticiones por tratamiento, en total se conformaron 60 unidades experimentales.

### *Fase 2: Preparación de las unidades experimentales*

Para la obtención del suelo residencial, los 30 kg de suelo recogido de cada taller de mecánica se homogenizaron y luego se vertieron a 15 maceteros (2 kg cada uno), luego se añadió el estiércol de vacuno de acuerdo al porcentaje expresado en cada tratamiento. Asimismo, se agregó piedras de río para nivelar las muestras por cada unidad experimental, siendo más estético la presentación y evitar alguna anomalía en las muestras

### *Fase 3: Biorremediación*

Esta fase es indispensable, porque los entes biológicos degradan los hidrocarburos de fracción F2 hasta dióxido de carbono y agua (Cárdenas, 2017). Asimismo, se tuvo en cuenta la aireación (3 veces por semana lunes, jueves y sábado) y el riego (2 veces por semana lunes y jueves). Para cada unidad experimental se agregó 600 ml de agua destilada, con finalidad de propiciar la actividad biológica en el matriz suelo.

**Siembra de semilla de girasol:** Después de 12 semanas de haber añadido el suelo residencial en macetas. Se prepararon 180 semillas, para sembrar 3 semillas por cada macetero. Previo a la siembra, se sumergió las semillas en agua por 24 horas, luego para determinar el porcentaje de germinación se procedió a sembrar cinco semillas en cada placa Petri, después de 02 días, germinaron el 80% de las semillas.

Después de dieciocho (18) semanas del proceso de remediación, se precedió a tomar una muestra de cada tratamiento (15 muestras de 250g de suelo) para realizar el análisis de suelo en el laboratorio R- LAB. Asimismo, se utilizaron materiales para las mediciones en cuanto a los parámetros físicos (girasol) para determinar el crecimiento de la planta en función a la dosis de materia orgánica agregada en cada tratamiento.

Se procedió con el corte de las plantas por cada tratamiento, luego se realizó la medición de altura de planta y el conteo del número de hojas. Posteriormente se midió del crecimiento radicular y el diámetro de los tallos de girasol. Después se realizó las mediciones del peso húmedo del girasol, la medición se realizó en el Laboratorio de Bioremediación de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, para lo cual se utilizó una balanza gramera. Para realizar las mediciones del peso seco, se procedió a colocar los girasoles por tratamientos (rotuladas en placas Petri) en una fuente para posteriormente ponerlo en una estufa por 24 hrs a 70 grados °C. Finalmente, después de haber pasado las 24 hrs se procedió a retirar el girasol de la estufa para realizar las mediciones

correspondientes de cada tratamiento.

## Resultados y discusión

Mediante la prueba de ANOVA (Tabla 2), se determinó que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos a un nivel de significancia de  $\alpha = 0,01$ . Se observan los efectos favorables de la aplicación de la dosis de materia orgánica en la altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas de planta, crecimiento radicular de planta, peso húmedo de planta, peso seco de planta. Asimismo, los efectos de la dosis de materia orgánica en el nivel de concentración y el % de reducción de hidrocarburos de fracción F2. El nivel de R cuadrado varió desde 73.72% hasta 97.78% encontrándose en nivel aceptable en el experimento realizado.

**Tabla 1**

Cuadros medios de los parámetros físicos evaluados y su nivel de significancia

| Fuente                    | G.L. | Cuadros medios (CM) |                     |                          |                      |                 |               |                          |                  |
|---------------------------|------|---------------------|---------------------|--------------------------|----------------------|-----------------|---------------|--------------------------|------------------|
|                           |      | Altura planta (cm)  | Diámetro tallo (mm) | Nº hojas planta (unidad) | Crec. radicular (cm) | Peso húmedo (g) | Peso seco (g) | Concentración F2 (mg/Kg) | Reducción F2 (%) |
| Dosis MO                  | 4    | 24,57**             | 0,55**              | 16,01**                  | 3,25**               | 1,05**          | 0,04**        | 630192**                 | 530312**         |
| Error                     | 10   | 0,22                | 0,07                | 0,24                     | 0,12                 | 0,05            | 0,003         | 7025                     | 503              |
| TOTAL                     | 14   | -                   | -                   | -                        | -                    | -               | -             | -                        | -                |
| <i>R</i> <sup>2</sup> (%) | -    | 97,78               | 73,72               | 96,32                    | 91,8                 | 87,88           | 84,30         | 97,29                    | 97,29            |

M.O: Materia orgánica

\*\* Altamente significativas al nivel de  $\alpha = 0,01$

\* Significativa al nivel de  $\alpha = 0,05$

### Concentración de hidrocarburos de fracción F2

La aplicación de materia orgánica a diferentes dosis influyó en la concentración de fracción de hidrocarburos F2 por tratamiento. Se observó que a medida que se incremento el porcentaje de estiercol la fracción de la concentración de hidrocarburos F2 disminuyó. El

T5 presentó una reducción significativa del 53.61%, siendo la dosis óptima en la presente investigación experimental. Además, el T5 permitió la reducción por debajo de lo estipulado por ECA Suelo residencial (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2017), tal como se detalla en la Tabla 3.

**Tabla 2**

Reducción de fracción de hidrocarburos F2 (%) en diferentes dosis de MO y su comparación con el ECA suelo

| Trat. | Dosis MO (%) | Nº de repeticiones | Media (mg/kg) | Reducción de fracción F2 (%) |
|-------|--------------|--------------------|---------------|------------------------------|
| T1    | 0            | 3                  | 2364,49       | 6,16                         |
| T2    | 10           | 3                  | 1955,31       | 22,40                        |
| T3    | 20           | 3                  | 1673,58       | 33,58                        |
| T4    | 30           | 3                  | 1467,10       | 41,78                        |
| T5    | 40           | 3                  | 1169,01       | 53,61                        |

**Nota:** Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

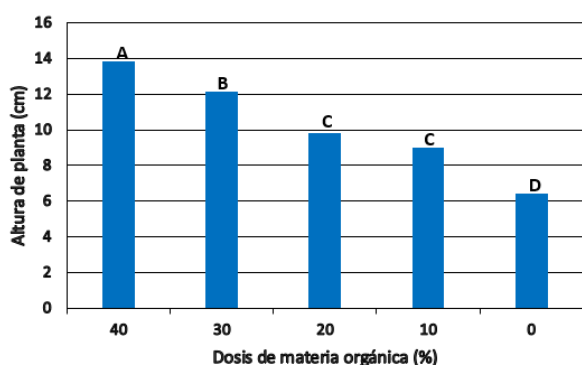
ECA suelo - 2017 = 1200 mg/kg

### Altura de planta

La aplicación de materia orgánica a diferentes dosis influyó en la altura de planta. A mayor dosis de materia orgánica la planta de girasol tuvo una mayor altura, siendo estadísticamente similares el T2 y T3. El T1 permitió el crecimiento del girasol, porque es una planta que se adapta a condiciones adversas de desarrollo (Santos et al., 2017). El T5 obtuvo el doble de altura en referencia al T1 (Figura 1).

**Figura 1**

Altura de planta (cm) en diferentes dosis de materia orgánica y su comparación de Tukey

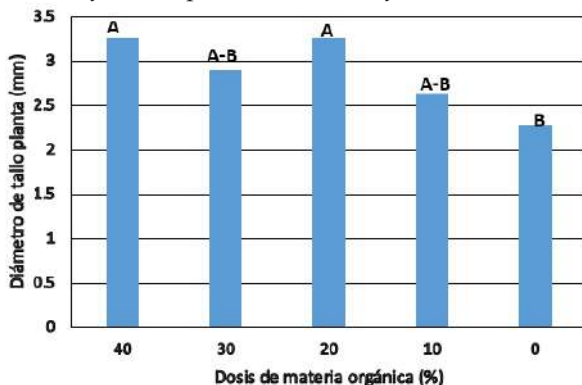


### Diámetro tallo de planta

La aplicación de materia orgánica a diferentes dosis influyó en el desarrollo del diámetro de planta por tratamiento. Se evidenció una tendencia a un mayor diámetro del tallo en las plantas con mayor dosis de estiércol de vacuno, tal como se detalla en la figura 2.

**Figura 2**

Diámetro tallo de planta (mm) en diferentes dosis de MO y su comparación de Tukey



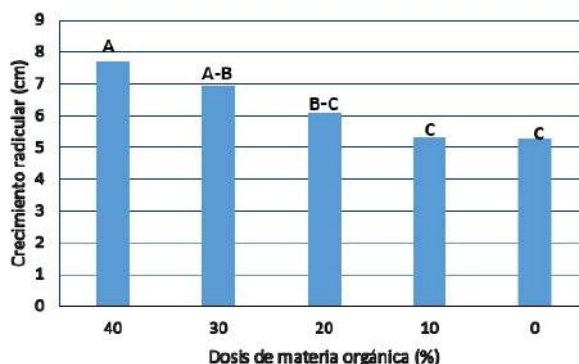
### Crecimiento radicular de planta

La aplicación de materia orgánica a diferentes dosis influyó en el crecimiento radicular de la

planta por tratamiento, el T4 y T5 son estadísticamente similares, y tuvieron el mayor crecimiento radicular.

**Figura 3**

Crecimiento radicular (cm) en diferentes dosis de MO y su comparación de Tukey

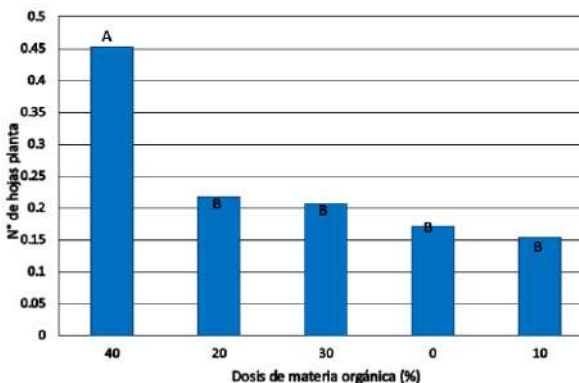


### Peso húmedo de planta

La aplicación de materia orgánica a diferentes dosis influyó en el peso húmedo de planta por tratamiento. El T5 tuvo el mayor crecimiento radicular en comparación a los demás tratamientos.

**Figura 4**

Peso húmedo (g) en diferentes dosis de MO y su comparación de Tukey

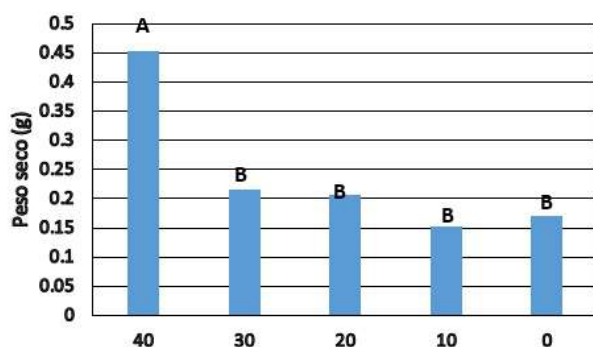


### Peso seco de planta

La aplicación de materia orgánica a diferentes dosis influyó en el peso seco de planta por tratamiento. El T5 tuvo el mayor peso seco por planta en comparación a los demás tratamientos.

**Figura 5**

Peso seco (g) en diferentes dosis de MO y su comparación de Tukey



El estiércol de vacuno aceleró la remediación de suelos contaminados con hidrocarburos F2, logrando una reducción del 53.61% en 135 días (T5). Este hallazgo coincide con el estudio de Ayala (2019), que mostró que el estiércol, ya sea con o sin fertilizante químico, mejora la remediación de suelos con residuos aceitosos, logrando un 64.36% de eficiencia en la reducción de hidrocarburos totales de petróleo.

La aplicación de estiércol en suelos residenciales contaminados fue menor al reportado por Cárdenas (2017) quien obtuvo un 81% de remoción un periodo de 2 meses. Peña et al. (2005) señalan que la degradación de hidrocarburos es más efectiva en suelos con vegetación, debido al efecto de las raíces en la mejora de propiedades fisicoquímicas y microbiológicas del suelo.

El tratamiento control (T1) tuvo una reducción del 6.16% de fracción F2. La concentración de hidrocarburos en el suelo varía según su tiempo de exposición y puede volatilizarse, disolverse o transformarse químicamente (Aceves et al., 2017). Flores y Benites (2015) también destacaron que los estiércoles mejoran la calidad del suelo y aceleran la remediación, logrando una eficacia de hasta 81.7%, superior al 53.61% obtenido en este estudio.

Sapuppo (2017) indicó que las bacterias nativas junto a enmiendas orgánicas pueden remediar suelos en 90 días, mientras que Muñoz y Pacheco (2017) registraron un 91.10% de remoción en 180 días usando estiércol. De la Cruz y Huaman (2022) evaluaron el uso de estiércol bovino + aserrín de polylepis (queñual) en diferentes proporciones para la bioremediación. Después de 90 días logró descontaminar sólo en

8,06% del suelo contaminado con petróleo. Arias-Trinidad et al. (20219) usaron el pasto nativo *Leersia hexandra* (poaceae) como fitorremediador. Concluyeron después de seis meses, que esta planta tiene capacidad para desarrollar una rizosfera con alta densidad de bacterias fijadoras de nitrógeno, producir biomasa vegetal en ambientes tropicales contaminados con petróleo.

## Conclusión

El tratamiento más eficiente fue el 40% de incorporación de estiércol de vacuno. Con este tratamiento se redujo el nivel de contaminación por debajo del estándar nacional. Esta enmienda orgánica, también desarrolló condiciones óptimas para permitir el crecimiento del girasol, lo cual sugiere que este tratamiento es viable para eliminar fracciones de hidrocarburos en suelo residencial.

## Referencias

- Aceves, L., Arias, A., Hernández, J., Quintero, R., Rivera, M., y Rolán, A. (2017). Uso de *leersia hexandra* (Poaceae) en la fitorremediación de suelos contaminados con petróleo fresco e intemperizado. *Revista de Biología Tropical*, 65(1), 21-30. <http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v65i1.22967>
- Albanell, E., Plaixats, J., Cabrero, T., y Capellas, M. (1988). Composición química del estiércol de vaca fresco y maduro durante el vermicompostaje. En E. Jauraritz, & U. d. Vasco (Edits.), *Biología ambiental* (247-252). Barcelona: TOMO: II.
- Arias-Trinidad, A., Rivera, M., Roldán, A., Aceves, L., Quintero, R y Hernández J. (2016). Uso de *Leersia hexandra* (Poaceae) en la fitorremediación de suelos contaminados con petróleo fresco e interperizado. *Revista de Biología Tropical*, 65(1), 21-30. [10.15517/rbt.v65i1.22967](http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v65i1.22967)
- Ayala, C. M. (2019). *Efecto del estiércol y fertilizante químico en la biorremediación del suelo contaminado con residuos aceitoso en talleres de reparación de vehículos terrestres*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. <https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/7963/BC-3806%20AYALA%20IZQUIERDO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cardenas, P. G. (2017). *Biodegradación de hidrocarburos totales de petróleo por bioestimulación con cachaza y guano de islas en suelos de la refinera conchan*

- Petroperú. [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/3504>
- Cordero, R. (2013). *Caracterización química del estiércol y su manejo en explotaciones de lechería familiar de los altos de Jalisco*. [Tesis de pregrado, Universidad de Guadalajara]. <https://hdl.handle.net/20.500.12104/72677>
- De la Cruz, V., y Huamán, C. (2022). Uso de estiércol bos taurus y aserrín polylepsis para la biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos de petróleo en la ciudad de huancavelica, 2021. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Huancavelica]. <https://hdl.handle.net/20.500.14597/5116>
- Flores, J. G. (12 de 06 de 2013). Proposición con punto de acuerdo relativo a percances con hidrocarburos. [https://sil.gobernacion.gob.mx/Archivos/Documentos/2013/06/asun\\_2986368\\_20130612\\_1371050962.pdf](https://sil.gobernacion.gob.mx/Archivos/Documentos/2013/06/asun_2986368_20130612_1371050962.pdf)
- Flores, J. S., y Benites, J. C. (2015). *Efecto del estiércol de cuy, porcino y vacuno en la biorremediación de suelo contaminado con hidrocarburos de diésel en terrarios*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12893/832>
- Ministerio de Agricultura y Riego [MIDAGRI]. (2011). *Guía técnica de orientación al productor. Manejo y fertilidad de suelos*. <https://repositorio.midagri.gob.pe/bitstream/20.500.13036/627/1/Guia%20de%20orientaci%C3%B3n%20Fertilidad%20de%20Suelos%2011.pdf>
- Ministerio de Energía y Minas [MINEM]. (2010). *Guía ambiental para la restauración de suelos en instalaciones de refinación y producción petrolera*. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/5442586/4861194-guia-hidrocarburos-xv.pdf?v=1700273051
- Ministerio de Energía y Minería [MINEM]. (2002). "Guía Ambiental para la Restauración de Suelos en Instalaciones de Refinación y Producción Petrolera". <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/5786114/5137921-glosario.pdf?v=1706732668>
- Ministerio de Energía y Minería [MINEM]. (2002). Guía para el Manejo de Desechos de las Refinerías de Petróleo. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/5440656/4859886-guia-hidrocarburos-vii.pdf?v=1700254622
- Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2014). *Guía para el muestreo de suelos y la guía para la elaboración de planes de descontaminación de suelos*. R. M. N° 085-2014-MINAM. [https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2014/04/GUIA-PDS-SUELO\\_MINAM2.pdf](https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2014/04/GUIA-PDS-SUELO_MINAM2.pdf)
- Ministerio del Ambiente. (2014). *Guía para muestreo de suelos*. MINAM. <https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/GUIA-PARA-EL-MUESTREO-DE-SUELOS-final.pdf>
- Ministerio del Ambiente. (2017). *Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para suelo*. D. S. N° 011-2017-MINAM. <https://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-011-2017-minam/>
- Muñoz, J., y Pacheco, M. (2017). *Colonias bacterianas presentes en el estiércol de gallinas blancas de la cepa leghorn responsables de la biodegradación de petróleo en suelos contaminados*. [Tesis de pregrado, Universidad Norbert Winner]. <https://repositorio.uwiener.edu.pe/entities/publication/b080d3aa-c9f5-4288-9f01-6ba45ef78e3c>
- Obispo, P., y Ramos, C. (2019). Biorremediación mediante el uso de Auricularia sp. en suelo agrícola contaminado por petróleo analizando la fracción 2 y 3 de hidrocarburo desarrollado en la Universidad Nacional del Callao. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Callao]. <https://hdl.handle.net/20.500.12952/4080>
- Peña, J., Barrera, B., Ruiz, R., y Xoconostle, B. (2005). Bases moleculares de la fitorremediación de hidrocarburos totales de petróleo. *Terra Latinoamericana*, 24(4), 529-539. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57324411>
- Sapuppo, R. (2017). Biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos, mediante la bioestimulación con lodos residuales. [Tesis de maestría, Universidad de Guadalajara]. <https://hdl.handle.net/20.500.12104/81864>