



FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“EFICIENCIA DE LA CACHAZA Y GUANO DE OVINO EN SUELOS
CONTAMINADOS CON HIDROCARBUROS EN EL PERÚ”

Trabajo de Investigación para optar el grado de:
BACHILLER EN INGENIERÍA AMBIENTAL

Presentado por:

Allison Elizabeth Robles Mayta

Asesor:

Luis Abraham Gomero Osorio

Lima – Perú

2019



RESOLUCIÓN DIRECTORAL ACADÉMICA DE CARRERA N°193-2019-DACIA-DAFCA-CIENTIFICA

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES / CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL

Lima 27 de noviembre de 2019

VISTO:

La revisión realizada y la aprobación de Trabajo de Investigación titulado: **Eficiencia de la cachaza y guano de ovino en suelos contaminados con hidrocarburos en el Perú**, presentado por:

- **Allison Elizabeth Robles Mayta**

CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo al Reglamento General de la Universidad Científica del Sur y los reglamentos de pregrado para obtener el grado de Bachiller de **Ingeniería Ambiental** en la **Facultad de Ciencias Ambientales**, se debe desarrollar un trabajo de investigación.

Que, de acuerdo a la normativa vigente de la Universidad Científica del Sur, en uso de las atribuciones conferidas al Director Académico de Carrera.

SE RESUELVE:

Aprobar e inscribir el trabajo de investigación titulado: **Eficiencia de la cachaza y guano de ovino en suelos contaminados con hidrocarburos en el Perú** con N° de registro de la carrera: **032-FCA-IAM**.

Nombrar al docente/colaborador **Luis Abraham Gomero Osorio** como asesor de dicho trabajo de investigación.

Regístrese, comuníquese y archívese,



Mg. Gonzalo Francisco Flores Roca
Director Académico de Carrera
Ingeniería Ambiental

EFICIENCIA DE LA CACHAZA Y GUANO DE OVINO EN SUELOS CONTAMINADOS CON HIDROCARBUROS EN EL PERÚ

Allison Elizabeth Robles Mayta

*Universidad Científica del Sur. Facultad de Ciencias Ambientales. Carrera de
Ingeniería Ambiental. Panamericana Sur Km19. Lima 42*

romaallison21@gmail.com

RESUMEN

La industria petroquímica y petrolera es pieza fundamental en la producción de hidrocarburos y derivados cuyo fin es cubrir las necesidades energéticas de combustibles y productos lubricantes en la industria y el transporte. La contaminación del suelo fue resultado de derrames accidentales de hidrocarburos en zonas del Perú, por lo que es preciso aplicar tratamientos efectivos, eficientes y seguros con el objetivo de descontaminar los suelos. La biorremediación se basa en impulsar el desarrollo microbiológico de manera natural en el suelo y que conlleven a la reducción del tóxico, es por medio de la bioestimulación con el uso de la cachaza y guano de ovino en su forma de compost la que permitirá adicionar nutrientes al suelo para estimular el crecimiento y la actividad de los microorganismos autóctonos y así degradar los contaminantes que se encuentren en el suelo. El objetivo de la investigación fue disponer la bibliografía disponible referente a la eficiencia de la cachaza y guano de ovino en suelos contaminados con hidrocarburos en el Perú, por su importancia en la recuperación de las condiciones naturales del suelo degradado y reducir los niveles de contaminación, asimismo, representa una alternativa económica frente a otras propuestas de remediación.

Palabras claves: biorremediación, cachaza, guano, bioestimulación

ABSTRACT

The petroleum and petrochemical industry is the main axis in the production of hydrocarbons and derivatives to meet the energy needs and lubricating fuels for industry and transport. Soil contamination was the result of accidental spills of hydrocarbons in areas of Peru, so it is necessary to apply effective, efficient and safe techniques aimed at decontaminating the soil. The bioremediation is based on favoring the microbiological processes of the natural form that occurs in the soil and leads to the degradation of the contaminant, it is the means of biostimulation with the use of the cachaça and the sheep guano in its compost form which add nutrients to the soil to stimulate the development and activity of native microorganisms and thus degrade the contaminants present in the soil. The objective of the research was the bibliography available in relation to the efficiency of the cachaça and the guano of the soils contaminated with hydrocarbons in Peru, for its importance in the recovery of the natural conditions of the degraded soil and to reduce the levels of contamination, likewise, it represents an economic alternative to other remediation proposals.

Keywords: bioremediation, cachaza, guano, biostimulation

REVISIÓN TEORICA

Hidrocarburos

Los hidrocarburos (HC) son combustibles fósiles utilizados alrededor del mundo como generadores fundamentales de diversas formas de energía (Velásquez, 2017). Estos son compuestos orgánicos que incluyen al C e H, mostrándose en el ambiente como gases, líquidos, grasas, y en algunos casos, sólidos (Cornejo, 2014). En el ambiente las características de los HC vienen a ser la polaridad, densidad, presión de vapor y el coeficiente de partición del suelo (Mc Bride, 1994). Estas se encuentran principalmente en el petróleo y sus derivados (Chappín, 1998). Los HC se clasifican en biogénicos que son sintetizados por la flora, fauna terrestre y marina, microbiota, bacterias y algas (Bedair y Alsaad, 1992). En HC antrópicos que son introducidos por actividades antropogénicas (Bidleman, Castleberr, Foreman, Zaransk y Wall, 1990).

Fracción de hidrocarburos

Fracción de HC F1 (fracción ligera), es la mezcla de hidrocarburos cuyas moléculas contienen entre C₅-C₁₀ (Ministerio de Ambiente [MINAM], 2017). Son líquidos a temperatura ambiente, pero lo suficientemente volátiles para emitir vapores; no son viscosos y encienden fácilmente (Microlab, 2008) en la Fracción de HC F2 (fracción media) sus moléculas contienen entre C₁₀-C₂₈ (Ministerio de Ambiente [MINAM], 2017) son sustancias más pesadas que las de la fracción ligera y no pueden ser arrastradas por un gas, necesitan ser extraídas con un solvente para poder ser analizadas (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SERMARNAT], 2010). La fracción de HC F3 (fracción pesada) sus

moléculas contienen entre C₂₈-C₄₀ Estos pueden representar un riesgo para la salud humana (Santillán, 2012).

Producción de hidrocarburos en el Perú

Perú tiene una producción de 36 millones de barriles de petróleo crudo (MMBP) al año, siendo la selva la región con mayor producción, con un promedio de 24,8 MMBP, representando el 70% del petróleo crudo del país. Es seguida por la Costa produciendo el 19%. El porcentaje restante es extraído del zócalo continental a través de plataformas marinas produciendo 4,4 MMBP (Ministerio de Agricultura y Riego [MINAGRI], 2018). En el 2008 su ingreso al PBI fue de S/. 7,616 millones en el 2013 tuvo un aumento del 62% (SPH, 2015).

PETROPERU reportó la producción de 270 mil toneladas (t) de residuos peligrosos cerca del 86% del volumen total estaba representada por lodos y recortes de perforación, lodos aceitosos y aceites usados tuvo un total de 8,031 t de derrames y fugas de hidrocarburos (crudo, diésel y gasolina) (PETROPERU, 2001). Esta última cifra es de importancia, ya que de esta forma podrá estimarse el nivel de contaminación de los lugares próximos a los derrames como lo sucedido en la Progresiva del Kilómetro 42 del Tramo I del Oleoducto Norperuano en el año 2014 en donde OEFA se pronunció en el diario “el peruano” ,indicando que PETROPERU no localizó y no controló a tiempo el derrame sucedido, originando daño en la flora, en la fauna y en la salud de la población (El peruano, 2015) cuatro meses después la labor de remediación ambiental estuvo al 87% debido a la contaminación de suelo y plantas (El comercio, 2014).

Los derrames de HC tienen consecuencias inmediatas en el ambiente. Se debe evitar que el derrame llegue a filtrarse en el suelo hasta la napa freática, ya que afectaría a las aguas subterráneas y no existiría forma de remediar las zonas contaminadas (Cárdenas, 2015).

Impactos de hidrocarburos en el suelo

El suelo está compuesto por minerales, materia orgánica, diminutos organismos vegetales, animales, aire y agua (FAO, s.f.); es un medio vivo y no renovable, donde su estado y manejo resulta útil en la productividad de alimentos y en la conservación del ambiente (Doran, 2002), asimismo, es un soporte que proporciona nutrientes para el desarrollo de la flora y microorganismos (m.o.). El suelo está compuesta por materia orgánica, minerales, agua, aire y organismos (Saval, 1995). Su formación inicia con la interacción de la roca madre con el clima, organismos, topografía y tiempo. La influencia de estos factores es la que define las principales propiedades del suelo y la presencia de tipos particulares de los mismos (Coria, 2007).

El comportamiento de HC en el suelo están en función de sus características físico químicas, y las del medio como permeabilidad, estructura, tamaño de partícula y humedad (Ney, 1990). Los factores que afectan su distribución son el volumen del derrame, la viscosidad del petróleo a la temperatura en el ambiente y la composición del suelo (Escalante, 2000). La contaminación de suelos por HC es un problema de importancia en países productores de petróleo. Está comprobado que las propiedades químicas, desempeñan un rol notable en la adsorción del tóxico, como pH, textura y materia orgánica. Estas indican una distribución con variabilidad alta (Rodríguez, 2017).

Técnicas de remediación

Existen diversos estudios y técnicas para la remediación de suelos contaminados con HC como tratamientos *in situ* y *ex situ* con tecnologías físico químicas, térmicas y mixtas, estos suelen ser costosos y demandan espacio para su realización (Ortiz, Sanz, Dorado y Villar, s.f) también existen otras técnicas como las biológicas que no usan agentes químicos y tienen costos de implementación más bajos (Navarro et al, 2001).

Biorremediación

Surge con el fin de reducir el impacto ambiental negativo de los derrames de HC en suelo y agua utilizando m.o., plantas o enzimas (Pardo et al., 2004). Los organismos vivos utilizan diferentes sistemas, para remover, degradar o transformar los compuestos orgánicos tóxicos en productos metabólicos con toxicidad menor (Van Deuren et al., 1997). Las técnicas de remediación más importantes son la biorremediación *in situ* que comprende la bioaumentación, bioestimulación y bioventing y la biorremediación *ex situ* que comprende tecnologías landfarming, biopilas y compostaje (Flores y Benites, 2015). La biorremediación puede llevarse a cabo con dos enfoques bioaumentación y bioestimulación (Pino, Carbajal Gallo y Pañuela, 2012).

Bioaumentación

Consiste en incorporar m.o. formulados o de ocurrencia natural de forma controlada para apoyar a los que se hallan de manera natural, e incitar a su biodegradación (Cando, 2011). En la bioaumentación se inoculan al suelo, m.o. exógenos con capacidad para degradar los contaminantes (Pérez y Saval, 2008). Se puede hallar por diversas pruebas de laboratorio, principalmente por

la caracterización de las poblaciones de m.o., análisis en microcosmos, y de la evaluación de los m.o. capaz de colonizar y degradar los tóxicos que se encuentren en el suelo (Gómez et al., 2009).

Bioestimulación

Consiste en ingresar nutrientes y oxígeno al terreno degradado, con el objetivo de estimular el desarrollo de m.o. nativos y llegar a la biodegradación de los tóxicos (Van Deuren et al., 1997). Durante la bioestimulación se provee de nutrientes y aceptores de electrones, que estimulan el metabolismo y la rapidez del desarrollo de los degradadores acelerando así los niveles de biodegradación (Marguesin y Schinner, 1997) manejando parámetros como humedad, pH, concentración de HC, y temperatura. (Yerushalmi, 2003).

Abonos orgánicos en la degradación de hidrocarburos

Existen materiales que pueden ser usados como materia orgánica en el suelo y ser colocados en su forma fresca o posterior a procedimiento de preparación, como abonos orgánicos (López, 1994). Estos pueden ser de origen animal o vegetal (Salgado et al., 2006), pueden ser producidos a partir del proceso de composteo y ser empleado en la agricultura para enriquecer el suelo. Su aplicación, además, es usado en la degradación de tóxicos como HC y plaguicidas (Velasco-Trejo y Volke-Sepúlveda, 2003). Se basan en la degradación de los contaminantes por la microflora activa al interior de la mezcla y la maduración de la composta (Semple et al., 2001).

Cachaza y guano de ovino

La cachaza es un subproducto de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.), se forma a partir de los lodos de impurezas, ceras y azúcares que atribuye la

caña (Hernández et al., 2008). Se encuentra compuesto por la mezcla de fibra de caña, sacarosa, coloides, coagulados, incorporando la cera, fosfato de calcio y partículas de suelo (Zurro, 2015). La cachaza como abono orgánico es rica en P, Ca, N y baja en K, asimismo, es un portador fundamental de Zn, B y de materia orgánica (Tempisque, 2012). Es utilizada para el mejoramiento de las propiedades físicas y químicas del suelo (Benedicto, Ordaz, Sánchez y López 2005).

El compost de cachaza representa aproximadamente el 59.8% de materia orgánica (Hernández et al., 2008), este es el alimento de m.o. que beneficia las fases de mineralización y estimula al desarrollo de la vegetación en un sistema ecológico nivelado (Julca, Meneses, Blas y Bello, 2006). Al usar la cachaza en el suelo se tiene efectos positivos especialmente en la calidad, estructura, infiltración y retención de agua; estimula la formación de agregados, el reciclaje de P, Ca, K, N, Mg y el incremento de la actividad microbológica. Los efectos superiores se consiguen juntando el compost de cachaza con otros abonos orgánicos (Quiroz y Pérez ,2013). La bioestimulación con cachaza genera un aumento de colonias de m.o. creadores de enzimas y de ácidos orgánicos con el fin de solubilizar el P absorbido en el suelo (Lima, 2011).

El guano es rico en C, N y P los cuales permiten recuperar la actividad microbiana en el suelo mediante la bioestimulación. Con la presencia de bacterias nitrificantes enriquece la microflora del suelo (Kanissery y Sims, 2011).

CONCLUSIONES

Los procesos de extracción y explotación de petróleo afectan las propiedades fisicoquímicas del suelo reduciendo principalmente las poblaciones de microorganismos de ahí surge la necesidad de un plan de biorremediación.

El uso de materias primas como cachaza y guano de ovino en su forma de compost estimula la actividad microbiológica del suelo y llega a recuperar las propiedades físicas y químicas del suelo contaminado.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Bedair, H.M y Al-Saad H.T. (1992). Dissolved and Particulate Adsorbed Hydrocarbons in Water of Shatt Alrab River. Soil Pollution. Vol 61, 397-408

Benedicto Valdés G. S., Hidalgo Moreno C., Ordaz Chaparro V., Sánchez Hernández R. y López David J. P. (2005). Cambios en las propiedades físicas de un suelo arcilloso por aportes de lombricompost de cachaza y estiércol. Interciencia, Vol 30(12), 775-779.

Bidleman, T.F., Castleberr A., Foreman W.T., Zaransk y Wall D.W. (1990). Petroleum Hydrocarbons in the Surface Water of Two Studies in the Southeastern United States. Est. Coast Shelf Science. Vol 30. 91-109.

Buendía, H. (2012). Biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos mediante el compost de aserrín y estiércol. Revista Del Instituto de Investigación (RIGEO), Vol 15(3), 88.

Cando, M. (2011) Determinación y análisis de un proceso de biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos. (Tesis de pregrado). Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador; 2011.

Coria I. D. (2007). Remediación de suelos contaminados con hidrocarburos. , de universidad abierta interamericana Sitio web: <http://www.sustentabilidad.uai.edu.ar/pdf/ing/uais-iga-600-001%20-%20remediacion.pdf>

Cornejo ,P (2014). Importancia de los hidrocarburos. Boletín científico preparatoria no. 3 con ciencia No.2.Universidad Autonoma del estado de Hidalgo

- Escalante, E. (2000). Estudio de Ecotoxicidad de un suelo contaminado con hidrocarburos. Tesis para obtener el grado de maestro en biotecnología. Universidad Autonoma Metropolitana, México. D.F.
- Eweis, J.B., S.J. Ergas, D.P. Chang y E.D. Schroeder (1998). Bioremediation principles. McGraw-Hill International Editions. 296.
- FAO (s.f). El suelo.Lima: FAO. Recuperado de <http://www.fao.org/3/W1309S/w1309s04.htm>
- Flores López, J. S., & Benites Santisteban, J. C. (2015). Efecto del estiércol de cuy, porcino y vacuno en la biorremediación de suelo contaminado con hidrocarburos de diesel en terrarios. Universidad Nacional "PEDRO RUIZ GALLO" Perú, 110. Retrieved from <http://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/UNPRG/433/BC-TES-4114.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Hernández, M. G. I.; Salgado, G. S.; Palma, L. D.; Lagunes, E. L. C.; Castelán, E. M. y Ruíz, R. O. (2008). Vinaza y composta de chachaza como fuente de nutrientes en caña de azúcar en un gleysol mólico de Chiapas México. *Interciencia* 33:855-860.
- Julca, O. A., Meneses, F. L., Blas, S. R. y Bello, A. S. (2006). La materia orgánica, usos y experiencias de su uso en la agricultura. *Rev. Cien. Suelo Nut. Veg.* 24:49-61.
- Kanissery, R.G.; Sims, G.K. (2011). Biostimulation for the enhanced degradation of herbicides in soil. *Applied and Environmental Soil Science* Article ID 843450: 1-10.

- Margesin, R.; Schinner, F. 1997. Bioremediation of diesel oilcontaminated alpine soils at low temperatures. *Applied and Environmental Microbiology*. 47: 462-468.
- MINAGRI (2007). Ministerio de Agricultura – MINAGRI. Oficina de Información Agraria. Dirección de Estadística. Lima - Perú.
- MINAM (2013). Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM- Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo. SINIA: Lima. Recuperado de <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-suelo-0>
- Ortiz I., Garcia J., Dorado M. y Villar S.(s.f). Técnicas de recuperación de suelos contaminados. España: Vigilancia Tecnológica. Recuperado de http://www.madrimasd.org/uploads/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/VT/vt6_tecnicas_recuperacion_suelos_contaminados.pdf
- Pardo, J., Perdomo, M., Benavides, J. 2004. Efecto de la Adición de Fertilizantes Inorgánicos Compuestos en la Degradación de Hidrocarburos en Suelos Contaminados con Petróleo. Ingeniería Ambiental y Sanitaria, Universidad De La Salle. Universidad de La Salle. Bogotá D.C., Colombia.
- Peruano, E. (2015). Declaran responsabilidad administrativa de la empresa Petróleos del Perú - Petroperú S . A . y ordenan el cumplimiento de medidas correctivas.
- Pino N.J., Carbajal S., Gallo A. y Peñuela G. (2012). Comparación entre bioestimulación y bioaumentación para la recuperación de suelos contaminados con diesel. *Produccion + Limpia*. Colombia. Vol7. 101-108

- Quiroz I. y Perez A.(2013). Vinaza y compost de cachaza: efecto en la calidad del suelo cultivado con caña de azúcar. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* Pub. Esp. Núm. 5 p. 1069-1075
- Saval, B. S. 1995. Acciones para le remediación de suelos en México. In: *Memoria del Segundo Minisimposio Internacional sobre Contaminantes del Agua y Suelo*. Instituto de Ingeniería. Universidad Nacional Autónoma de México. México 168-173.
- Semple, K.T., B.J. Reid y T.R. Fermor 2001. Impact of composting strategies on the treatment of soils contaminated with organic pollutants. *Environ. Pollution*, 112: 269-283.
- SERMANAT (2010). *Compendio de Estadísticas Ambientales 2010*. Perú. Recuperado de http://aplicaciones.semarnat.gob.mx/estadisticas/compendio2010/10.100.13.5_8080/ibi_apps/WFServlet62dd.html
- Sociedad Peruana de hidrocarburos SPH (2015). Impacto del sector hidrocarburos en la economía del Perú.SPH. Recuperado de http://www.enernews.com/media/briefs/impacto-del-sector-hidrocarburos_1177.pdf
- Tempisque (2012). La cachaza y su empleo como abono organico en plantaciones de caña de azucar.
- Van Deuren, J., Z. Wang y J. Ledbetter (1997). *Remediation technologies screening matrix and reference guide*. Tercera edición. Technology Innovation Office, EPA. <http://www.epa.gov/tio/remed.htm>

Velasco-Trejo. J.A. y T.L. y Volke-Sepúlveda. (2003) . El composteo: una alternativa tecnológica para la biorremediación de suelos en México. Gaceta Ecológica 66: 41-53.

Yerushalmi, L., Rocheleau, S., Cimpoia, R.; Sarrazin, M.; Su-nahara, G.; Peisajovich, A.; Leclair, G.; Guiot, S. (2003). Enhanced biodegradation of petroleum hydrocarbons in contaminated soil. *Bioremediation Journal*. 7: 37-51

Zurro, P. (2015) La cachaza y su empleo como abono orgánico en plantaciones de caña de azúcar. Colombia: Catsa.