



Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), mayo-junio 2026,
Volumen 10, Número 3.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v10i3

EVALUACIÓN DE BIOPRODUCTOS COMERCIALES EN LA BIORREMEDIACIÓN EX SITU DE SUELOS CONTAMINADOS CON DIÉSEL EN ECUADOR

IMPLEMENTATION OF A LIVING PHARMACY AND THE DEVELOPMENT OF LIFE SKILLS: A SYSTEMATIC REVIEW

Doménica Estefanía Silva Carrasco

Universidad Estatal Península de Santa Elena - Facultad de Ciencias del Mar

Sonny Patricia Mendoza Lombana

Universidad Estatal Península de Santa Elena - Facultad de Ciencias del Mar

Evaluación de bioproductos comerciales en la biorremediación ex situ de suelos contaminados con diésel en Ecuador

Doménica Estefanía Silva Carrasco¹

domessilva8@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0004-3478-6782>

Universidad Estatal Península de Santa Elena -
Facultad de Ciencias del Mar
Ecuador

Sonny Patricia Mendoza Lombana

smendoza@upse.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-3283-9199>

Universidad Estatal Península de Santa Elena -
Facultad de Ciencias del Mar
Ecuador

RESUMEN

Ecuador, como país productor de petróleo, ha sido afectado por derrames de hidrocarburos que impactan negativamente la calidad de los suelos. El presente estudio evaluó la eficiencia de bioproductos comerciales basados en bacterias, hongo, enzimas bacterianas y la combinación de estos en la degradación de hidrocarburos totales de petróleo (TPH) en suelo limo-arcilloso contaminado con diésel, bajo condiciones ex situ. El experimento se desarrolló durante 50 días en microcosmos con condiciones controladas, utilizando un diseño experimental con cinco tratamientos y tres repeticiones, para un total de 15 unidades experimentales. La cuantificación del porcentaje de degradación de TPH se realizó mediante análisis espectrofotométrico. Los resultados mostraron diferencias en la eficiencia de los tratamientos, siendo el tratamiento con hongo el que presentó el mayor porcentaje de degradación (31.12%), seguido del tratamiento mixto (27.94%), enzimas bacterianas (26,08%) y bacterias (22,38%). Se registró el crecimiento microbiano del suelo, identificándose bacterias del género *Bacillus* y el hongo *Trichoderma sp.* Los parámetros físico-químicos del suelo se mantuvieron estables durante el ensayo, mientras que la materia orgánica y el carbono orgánico disminuyeron como resultado de la actividad microbiana. Los resultados evidencian que los tratamientos biológicos ex situ representan una alternativa eficiente, sostenible y ambientalmente amigable para la remediación de suelos contaminados con diésel.

Palabras clave: Biorremediación; suelos contaminados; tratamiento ex situ; TPH; bioproductos comerciales; *Bacillus*; *Trichoderma sp.*

¹ Autor principal

Correspondencia: domessilva8@gmail.com

Implementation of a Living Pharmacy and the Development of Life Skills: A Systematic Review

ABSTRACT

Ecuador, as an oil-producing country, has been affected by hydrocarbon spills that negatively impact soil quality. This study evaluated the efficiency of commercial bioproducts based on bacteria, fungi, bacterial enzymes, and their combination in the degradation of total petroleum hydrocarbons (TPH) in diesel-contaminated silty-clay soil under ex situ conditions. The experiment was conducted over 50 days using controlled microcosms and an experimental design consisting of five treatments with three replicates, for a total of 15 experimental units. The percentage of TPH degradation was quantified through spectrophotometric analysis. The results showed differences in treatment efficiency, with the fungal treatment presenting the highest degradation percentage (31.12%), followed by the mixed treatment (27.94%), bacterial enzymes (26.08%), and bacteria (22.38%). Microbial growth in the soil was observed, identifying bacteria belonging to the genus *Bacillus* and the fungus *Trichoderma* sp. Soil physicochemical parameters remained stable throughout the experiment, while organic matter and organic carbon decreased as a result of microbial activity. The findings demonstrate that ex situ biological treatments represent an efficient, sustainable, and environmentally friendly alternative for the remediation of diesel-contaminated soils.

Keywords: Bioremediation; contaminated soils; ex situ treatment; TPH; commercial bioproducts; *Bacillus*; *Trichoderma* sp.

Artículo recibido 25 abril 2026
Aceptado para publicación: 25 mayo 2026



INTRODUCCIÓN

La contaminación por hidrocarburos derivados del petróleo constituye una problemática ambiental global debido a su impacto negativo sobre los ecosistemas, la salud humana y la estabilidad socioambiental. En países petroleros como Ecuador, los derrames de crudo representan una fuente recurrente de contaminación, asociados principalmente a fallas operativas, fugas en sistemas de almacenamiento y deficiencias en el mantenimiento de oleoductos. La presencia de hidrocarburos totales del petróleo (TPH) en el suelo es particularmente crítica debido a su compleja composición química incluyendo alcanos, compuestos aromáticos, resinas y asfaltenos, su alta toxicidad y su persistencia en el ambiente (Quispe, 2020).

Estos contaminantes alteran las propiedades fisicoquímicas del suelo, reducen su fertilidad, afectan la actividad microbiana y favorecen procesos de lixiviación que pueden extender la contaminación hacia aguas subterráneas y ecosistemas acuáticos. Además, presentan efectos mutagénicos, teratogénicos y carcinogénicos en organismos vivos (Wang et al., 2017). Frente a esta problemática, la biorremediación emerge como una alternativa sostenible y costo-efectiva en comparación con métodos físicos y químicos, los cuales suelen ser más invasivos y generar contaminación secundaria.

La biorremediación aprovecha la capacidad metabólica de microorganismos para utilizar los hidrocarburos como fuente de carbono y energía, facilitando su degradación. En este contexto, el uso de bioproductos comerciales basados en bacterias, hongos y enzimas representa una estrategia prometedora para acelerar estos procesos (Chen et al., 2015; Wang et al., 2017). Es una técnica limpia, no muy costosa, accesible y en algunas ocasiones no requiere de sustancias adicionales, por su composición, ya que se usan microorganismos para degradar a los compuestos contaminantes presentes, debido a que las moléculas de los hidrocarburos resultan ser una excelente fuente de carbono y energía, lo que posibilita el desarrollo de los microorganismos al metabolizar estos compuestos tóxicos (Abad, 2008).

En esta biorremediación experimental, se usó tres bioproductos que son altamente utilizados en la industria acuícola y en la agricultura. El primer bioproducto: Terminate, que es una mezcla que contiene cuatro tipos de bacterias liofilizadas del género *Bacillus*, este bioproducto es altamente utilizado en la industria acuícola en el cultivo de camarones o peces. El segundo bioproducto Trichofull, es a base de un microhongo del género *Trichoderma* sp., el cual es utilizado en la industria agrícola y por último



Biobac A, un bioproducto a base de enzimas bacterianas y metabolitos utilizado mayormente en la industria acuícola.

En las últimas décadas, múltiples investigadores han documentado y registrado el comportamiento microbiano en la degradación de los hidrocarburos, dando excelentes resultados, como en el estudio realizado por Arrieta et al., 2012, en la cual caracterizó un consorcio bacteriano integrado por los géneros *Flavobacterium* sp. *Sanguibacter soli*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus* sp, *Enterobacter* sp, y *Arthorbacter* sp, los cuales degradaron el diésel del suelo. Las especies de hongos como *Favolus tenuiculus* y *Trichoderma* sp producen enzimas ligninolíticas, incluyendo lipasas, lacasas y peroxidasas, las cuales descomponen compuestos complejos como los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs) (Palacios Carlos & Silvia Llerena., 2024). Las enzimas, ya sean producidas por bacterias u hongos, son fundamentales en el proceso de biorremediación (Peixoto, R. S., Vermelho, A. B., & Rosado, A. S. 2011).

Los suelos afectados por derrames de diésel se consideran como peligrosos para la vida microbiana y vegetal, lo que los hace inadecuados, por lo que, la biorremediación mediante bacterias, hongos y enzimas bacterianas se presenta como una opción sostenible y económicamente viable, capaz de descomponer hidrocarburos complejos sin producir contaminación adicional (Peña Murillo et al., 2025). En este estudio, el suelo presenta una concentración inicial de 2571 mg/kg y se plantea una reducción de las concentraciones de cada tratamiento en un periodo de tiempo de 50 días, realizando una biorremediación ex situ. Sin embargo, la implementación efectiva de estas nuevas biotecnologías en nuestro país se ve limitada por la falta de protocolos estandarizados, capacitación técnica especializada y estudios que optimicen el uso de microorganismos y sus enzimas para la biorremediación. Es necesario fortalecer la investigación científica para aportar información que contribuya a lograr manejos más amigables con el medio ambiente. El objetivo principal es analizar la eficiencia de la biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos mediante la aplicación individual de bacterias, hongos y enzimas bacterianas de productos comerciales, determinando cuál de estos tratamientos presenta el mayor porcentaje de biodegradación.



METODOLOGÍA

Área de estudio

El estudio se desarrolló en el Megaterio de EP Petroecuador, ubicado en el cantón La Libertad, provincia de Santa Elena, Ecuador (2°13'06" S, 80°53'05" W). El suelo utilizado correspondió a un material previamente contaminado con diésel y almacenado en una biopila destinada a procesos de remediación.

Tipo de estudio

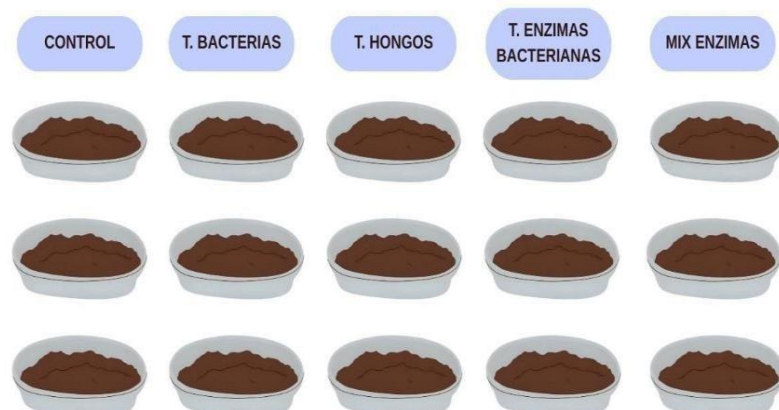
El enfoque de este proyecto fue experimental, cualitativo y cuantitativo, se identificó, que tratamiento presentó el mayor porcentaje de reducción de hidrocarburos del suelo de manera experimentalmente ex situ, de forma descriptiva y analítica. La técnica principal del análisis de suelo fue por equipos de laboratorio para realizar la detección de TPH y se realizó los análisis microbiológicos respectivos. Se controló variables críticas como fueron: las físicas, químicas y microbiológicas. Por lo que se cumplieron fases de campo y laboratorio cumpliendo los protocolos adecuados.

Diseño experimental

Se empleó un diseño experimental completamente al azar bajo condiciones ex situ, con el objetivo de evaluar la eficiencia de bioproductos comerciales en la degradación de hidrocarburos totales de petróleo (TPH). Se establecieron cinco tratamientos: control sin aplicación de bioproductos (C), bacterias (*Bacillus* sp.) (B), hongos (*Trichoderma* sp.) (H), enzimas bacterianas (E) y un tratamiento combinado de bacterias, hongos y enzimas (M). Cada tratamiento contó con tres réplicas, para un total de 15 unidades experimentales.

Ilustración 1

Ensayo de Bioestimulación



Nota. Modelo del diseño experimental de cada tratamiento.

Muestreo y caracterización del suelo

El muestreo se realizó a una profundidad de 0–30 cm, recolectándose un total de 90 kg de suelo contaminado. Previo al montaje experimental, se caracterizaron las propiedades fisicoquímicas del suelo, incluyendo pH, humedad, materia orgánica, textura y contenido inicial de TPH, utilizando métodos estandarizados. El contenido de TPH fue determinado mediante análisis espectrofotométrico en el Laboratorio de Restauración Ambiental de EP Petroecuador.

Montaje de microcosmos y aplicación de tratamientos

Para el ensayo experimental se distribuyeron 6 kg de suelo en bandejas de aluminio, las cuales fueron asignadas aleatoriamente a cada tratamiento. Los bioproductos comerciales se aplicaron semanalmente a una dosis de 5 mL por bandeja durante un periodo de 50 días. El suelo del tratamiento control fue removido semanalmente sin adición de bioproductos. Durante el ensayo se mantuvieron condiciones controladas de pH, temperatura y humedad.

Análisis microbiológicos

El crecimiento de la microbiota bacteriana y fúngica fue monitoreado cada 8 días mediante recuento de unidades formadoras de colonias (UFC/g), utilizando agar TSA para bacterias y agar PDA para hongos. La identificación microbiana se realizó mediante tinción de Gram para bacterias y tinción con azul de lactofenol para hongos, complementándose con pruebas bioquímicas de catalasa.

Análisis de hidrocarburos totales de petróleo (TPH)

El contenido de TPH fue evaluado al inicio del experimento, durante el proceso y al finalizar el ensayo, empleando análisis espectrofotométrico. La eficiencia de biodegradación se expresó como porcentaje de reducción de TPH respecto a los valores iniciales.

Análisis estadístico

Los datos obtenidos fueron evaluados mediante pruebas de normalidad (Shapiro–Wilk) y homogeneidad de varianzas (Levene). Para determinar diferencias significativas entre tratamientos se aplicó un análisis de varianza de una vía (ANOVA), seguido de una prueba post hoc de Tukey, considerando un nivel de significancia de $p < 0,05$. Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software MINITAB versión 19.0.



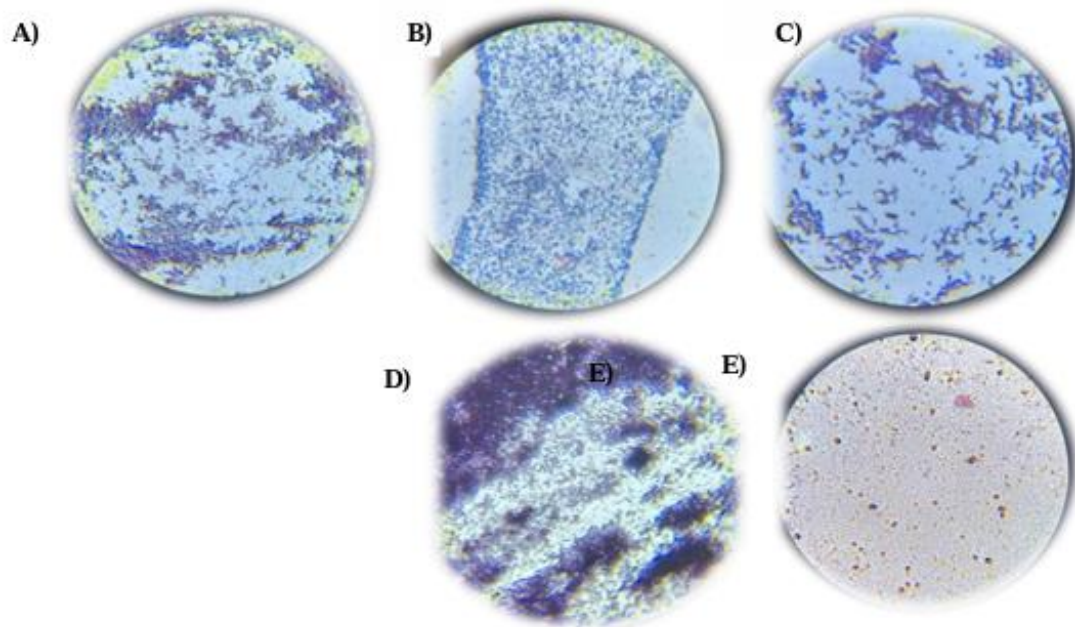
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La identificación morfológica de los microorganismos presentes en los tratamientos se realizaron mediante observación microscópica. En las muestras correspondientes al tratamiento bacteriano se observaron células bacilares compatibles con bacterias Gram positivas y Gram negativas, predominando morfologías bacilares típicas del género *Bacillus* (Figura 2).

Ilustración 2

Microfotografías de bacterias aisladas del tratamiento bacteriano. (A) Células bacilares observadas mediante tinción de Gram, con predominio de bacilos Gram positivos; (B) Detalle microscópico de agrupaciones celulares compatibles con el género Bacillus. Aumento 1000×.

Imágenes de colonias obtenidas y teñidas por medio de la Tinción de Gram.



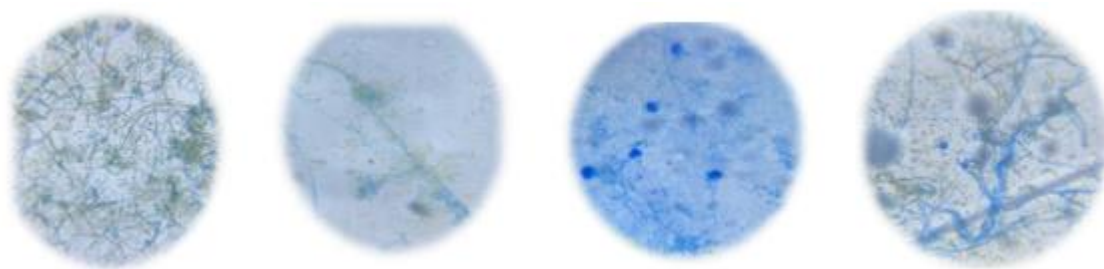
Nota. A, B, C y D) Tinción Gram positiva de bacterias del género Bacillus. Obsérvese la forma alargada y cilíndrica agrupándose tanto en forma aislada como en pares debido a la abundancia de carga microbiana, presentando un diámetro aproximado de 0.5 a 1.2 micras. E) Tinción Gram negativa con una abundante proliferación de bacterias del género Cocos, representadas en algunos casos de forma aislada o a manera de Diplococos unidas en pares.

En el tratamiento fúngico se evidenciaron la presencia de hifas septadas, con abundante formación de conidios y estructuras reproductivas características del género *Trichoderma* sp., confirmando la viabilidad y actividad del bioproducto aplicado (Figura S2).

Ilustración 3
Microfotografías del tratamiento fúngico.

A)

B)



Nota. (A) Hifas septadas observadas mediante tinción con azul de lactofenol; (B) Estructuras conidiales características del género *Trichoderma* sp. Aumento 400×.

La aplicación de los tratamientos biológicos produjo diferencias en la reducción de los hidrocarburos totales de petróleo (TPH) en el suelo contaminado con diésel durante los 50 días de ensayo ex situ. El tratamiento control presentó una reducción promedio del 5,02%, lo que evidencia una degradación mínima asociada a procesos naturales del suelo.

Tabla 1
Porcentajes finales obtenidos de cada tratamiento experimental

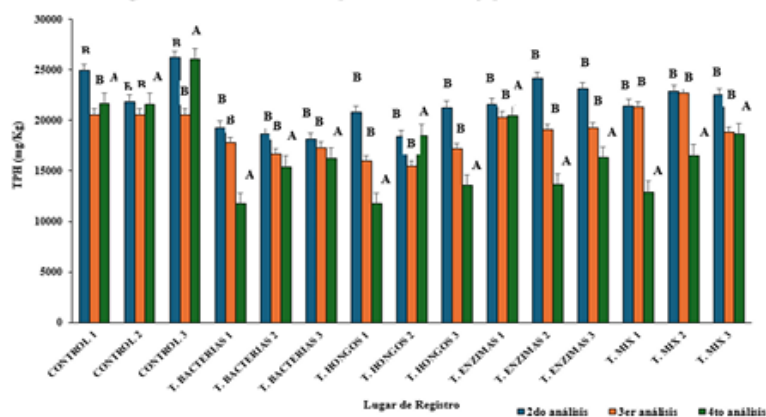
TRATAMIENTO	1 ANÁLISIS TPH mg/kg	2 ANÁLISIS TPH mg/kg	3 ANÁLISIS TPH mg/kg	REDUCCIÓN PORCENTUAL DE TPH	PROMEDIO %
CONTROL 1	24933	20565	21643	13,20%	
CONTROL 2	21866	20575	21610	1,17%	5,02%
CONTROL 3	26187	20565	26003	0,70%	
T. BACTERIAS 1	19283	17792	11740	39,18%	
T. BACTERIAS 2	18670	16639	15403	17,50%	22,38%
T. BACTERIAS 3	18112	17293	16220	10,45%	
T. HONGOS 1	20771	15948	11743	43,46%	
T. HONGOS 2	21406	15452	18507	13,54%	31,12%
T. HONGOS 3	21260	17196	13530	36,36%	
T. ENZIMAS 1	21570	20301	20440	5,24%	
T. ENZIMAS 2	24133	19077	13633	43,51%	26,08%
T. ENZIMAS 3	23110	19219	16293	29,50%	
T. MIX 1	21430	21287	12913	39,74%	
T. MIX 2	22840	22673	16513	27,70%	27,94%
T. MIX 3	22477	18793	18610	16,39%	

Nota. Valores obtenidos de cada tratamiento experimental, en porcentajes promediados totales.

Entre los tratamientos evaluados, el tratamiento con hongos (*Trichoderma* sp.) alcanzó el mayor porcentaje promedio de reducción de TPH (31,12%), seguido del tratamiento combinado de bacterias, hongos y enzimas (27,94%) y del tratamiento con enzimas bacterianas (26,08%). El tratamiento con bacterias (*Bacillus* sp.) presentó la menor eficiencia entre los bioproductos evaluados, con una reducción promedio del 22,38%.

Ilustración 4

Valores de TPH registrados durante la experimentación y prueba de tratamientos.



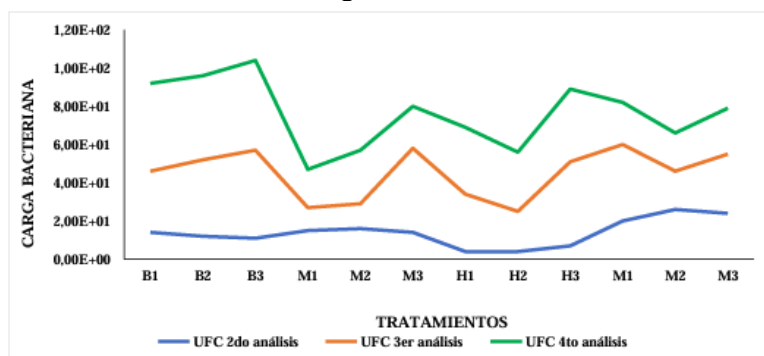
Nota. Letras iguales indican que no existe diferencias estadísticas significativas según ANOVA de una vía y test posterior de Tukey ($p < 0,05$).

El análisis estadístico mostró diferencias significativas entre los tratamientos (ANOVA, $p < 0,05$). La prueba post hoc de Tukey indicó que el tratamiento con hongos presentó una eficiencia significativamente mayor en la degradación de TPH en comparación con el control, mientras que los tratamientos con enzimas y el tratamiento combinado mostraron valores intermedios de reducción.

Durante el ensayo se registró el crecimiento de la microbiota bacteriana y fúngica en los tratamientos biológicos, observándose un incremento progresivo de las unidades formadoras de colonias (UFC/g) a lo largo del tiempo. La identificación microscópica permitió confirmar la presencia de bacterias del género *Bacillus* y del hongo *Trichoderma* sp., evidenciando su adaptación al suelo contaminado y su participación activa en el proceso de biodegradación.

Ilustración 5

Curva de distribución de la carga bacteriana de cada tratamiento.



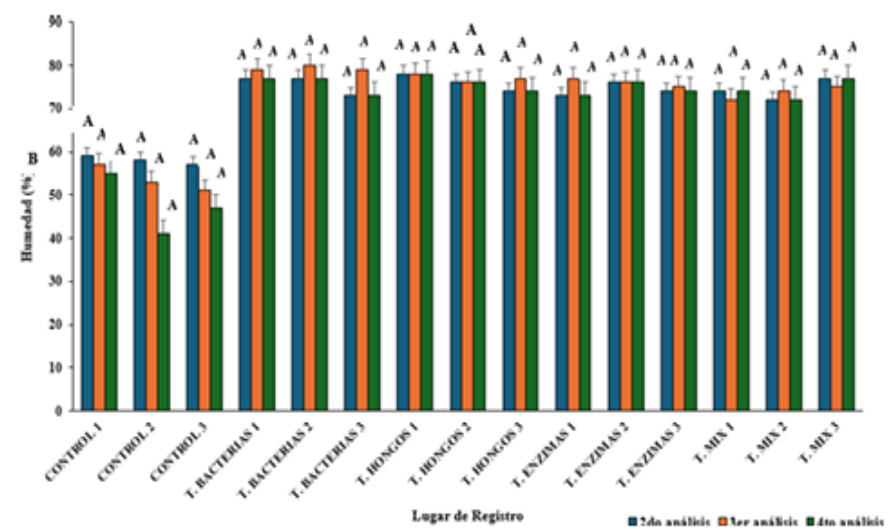
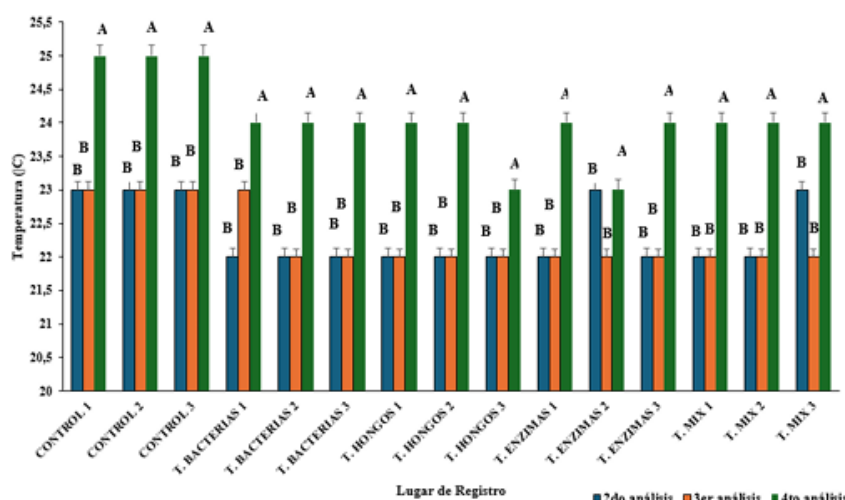
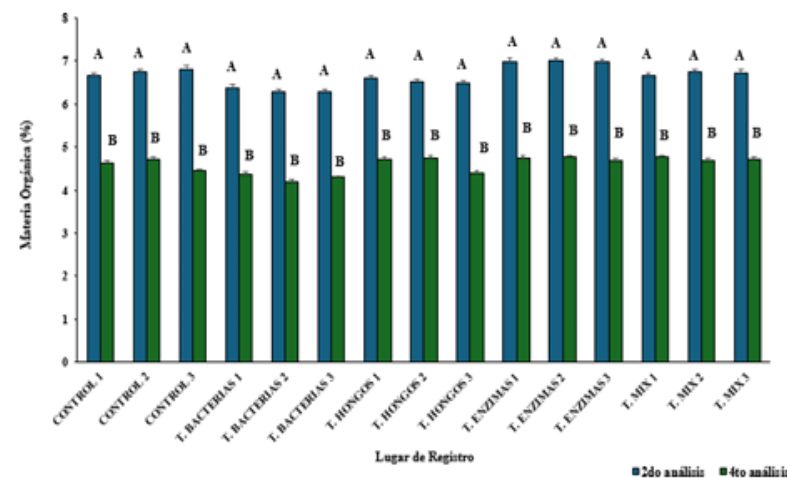
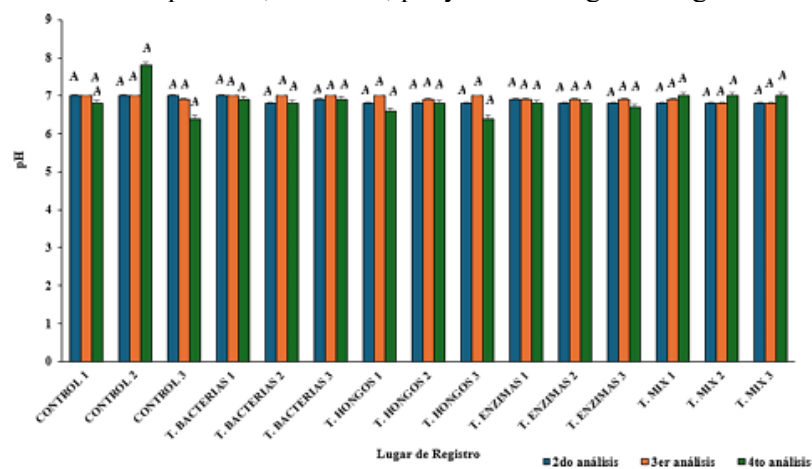
Nota. La línea azul indica una carga bacteriana baja en relación con la línea verde con un alto valor de la carga bacteriana.

Nota. La línea azul indica una carga bacteriana baja en relación con la línea verde con un alto valor de la carga bacteriana.

Los parámetros fisicoquímicos del suelo, incluyendo pH, temperatura, humedad y conductividad eléctrica, se mantuvieron relativamente estables durante el experimento. En contraste, la materia orgánica y el carbono orgánico mostraron una disminución progresiva, asociada a la actividad metabólica de los microorganismos durante la degradación del diésel.

Ilustración 6

Valores de temperatura, humedad, pH y materia orgánica registrados durante la experimentación y prueba de tratamientos.



Los resultados obtenidos en el presente estudio evidencian que el suelo contaminado con diésel presentó condiciones fisicoquímicas adecuadas para la aplicación de un tratamiento de biorremediación ex situ. La textura limo-arcillosa, junto con la estabilidad del pH, la temperatura y la conductividad eléctrica, favoreció la adaptación, el crecimiento y la actividad metabólica de los microorganismos aplicados. La elevada concentración inicial de materia orgánica y carbono orgánico se asoció directamente con la presencia de hidrocarburos, los cuales fueron utilizados como fuente de carbono durante el proceso de biodegradación.

La reducción de los hidrocarburos totales de petróleo (TPH) mostró diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, destacándose el tratamiento con *Trichoderma* sp., que alcanzó la mayor eficiencia de degradación (31,12%), seguido del tratamiento combinado de bacterias, hongos y enzimas (27,94%), las enzimas bacterianas (26,08%) y las bacterias (*Bacillus* sp.) con un 22,38%. Estos resultados concuerdan con el análisis de varianza, el cual evidenció diferencias estadísticamente significativas en la degradación de TPH, mientras que los parámetros fisicoquímicos permanecieron estables.

La eficiencia observada en los tratamientos bacterianos puede explicarse por la capacidad metabólica de especies del género *Bacillus* para utilizar hidrocarburos como fuente de carbono y energía, así como por su producción de biosurfactantes y enzimas degradativas, características ampliamente reportadas en la literatura (Sakthipriya et al., 2015; Vizuete-García, 2020). Estudios previos han demostrado la diversidad y adaptabilidad de bacterias degradadoras de hidrocarburos en suelos contaminados, lo cual respalda la respuesta observada en el presente trabajo (Chaillan et al., 2004; Tourova et al., 2016, 2018). Por otro lado, la mayor eficiencia del tratamiento fúngico se atribuye a la elevada capacidad adaptativa de *Trichoderma* sp., su rápida colonización del sustrato y su habilidad para secretar enzimas extracelulares oxidativas capaces de degradar compuestos complejos, incluidos hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP). Estos hallazgos coinciden con lo reportado por Castro y Rivillas (2012) y Daccò et al. (2020) quienes destacan el potencial del género *Trichoderma* en procesos de biorremediación de ambientes contaminados con hidrocarburos.

Si bien el tratamiento combinado de bacterias, hongos y enzimas presentó una reducción significativa de TPH, su eficiencia fue inferior al tratamiento fúngico individual. Este comportamiento sugiere que



la interacción microbiana no siempre genera efectos sinérgicos inmediatos, dependiendo del tipo de contaminante, del sustrato y de la dinámica competitiva entre microorganismos, tal como lo indican Ule (2021) y Cañar (2025). No obstante, estudios como el de Dai et al. (2020) demuestran que los sistemas combinados pueden alcanzar mayores eficiencias en periodos de tratamiento más prolongados.

En general, los resultados confirman que el control de las condiciones fisicoquímicas en sistemas ex situ contribuye significativamente a la estabilidad del proceso y a la eficiencia de biodegradación en periodos cortos de tiempo, coincidiendo con lo reportado por Muñoz (2016). Asimismo, la correlación positiva entre el crecimiento microbiano y los parámetros del suelo evidencia que la biodegradación está estrechamente ligada a la adaptación y actividad metabólica de los microorganismos en el medio contaminado.

Finalmente, aunque el presente estudio demuestra el alto potencial de *Trichoderma* sp. y *Bacillus* sp. en la biorremediación de suelos contaminados con diésel, se recomienda profundizar en estudios moleculares y bioquímicos que permitan comprender con mayor detalle las rutas metabólicas involucradas y optimizar futuras aplicaciones a escala ambiental.

CONCLUSIONES

El presente estudio demostró que la biorremediación ex situ mediante el uso de bioproductos comerciales constituye una alternativa efectiva para la reducción de hidrocarburos totales del petróleo (TPH) en suelos contaminados con diésel, bajo condiciones controladas. En un periodo experimental de 50 días, todos los tratamientos evaluados lograron reducciones significativas de TPH, alcanzando una degradación cercana al 30%, lo que evidencia su capacidad para potenciar los procesos naturales de biodegradación.

El tratamiento con *Trichoderma* sp. presentó la mayor eficiencia de degradación (31,12%), seguido del tratamiento combinado de bacterias, hongos y enzimas (27,94%), enzimas bacterianas (26,08%) y bacterias (*Bacillus* sp.) con 22,38%. Estas diferencias indican que la eficiencia del proceso depende principalmente de la composición microbiana de los bioproductos aplicados, mientras que los parámetros fisicoquímicos del suelo (pH, temperatura, humedad y conductividad eléctrica), al mantenerse estables, favorecieron la actividad microbiana sin influir de forma directa en la magnitud de la reducción de TPH.



Asimismo, se observó un incremento de la microbiota bacteriana y fúngica en todos los tratamientos, lo que confirma la adaptación y activación metabólica de los microorganismos frente a la disponibilidad de hidrocarburos como fuente de carbono. En conjunto, los resultados resaltan la importancia del control de las condiciones ex situ para lograr una biorremediación eficiente en periodos relativamente cortos. Para finalizar, los bioproductos microbianos comerciales evaluados presentan un alto potencial para ser integrados en programas de gestión ambiental y recuperación de suelos contaminados con hidrocarburos, ofreciendo una alternativa sostenible y ambientalmente amigable para la remediación de ecosistemas degradados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abad Vásquez, Guido Humberto. (2008). Tratamiento de fondos de tanques de petróleo usando el método de biorremediación. (Trabajo de Titulación de Ingeniero en Gestión Ambiental) . UTPL, Loja.
- Arrieta S, et al. (2012). Caracterización fenotípica y molecular de poblaciones bacterianas aisladas de un suelo contaminado con diesel y sometido a dos tecnologías de biorremediación *Gestión y Ambiente*, vol. 15, núm. 3, diciembre, 2012, pp. 65-76. Obtenido de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169424893004>.
- Cañar, S. (2025). EVALUACIÓN ex situ DE LA EFICACIA DE *Trichoderma* spp. PARA BIORREMEDIACION DE SUELOS CONTAMINADOS CON HONGOS FITOPATÓGENOS. LA LIBERTAD-ECUADOR. Obtenido de: <https://repositorio.upse.edu.ec/server/api/core/bitstreams/941f3d37-ef9c-440b-9d31-edb200679bec/content>
- Cappuccino, J. G., & Sherman, N. (2022). *Microbiology: A Laboratory Manual* (13th 141 ed.). Pearson Education.
- Castro, Á., & Rivillas, C. (Mayo de 2012). *Trichoderma* spp. Modos de acción, eficacia y usos en el cultivo de café, 5-7. Chinchina-Caldas, Colombia: Cenicafé.
- Chaillan, F., Le Flèche, A., Bury, E., Phantavong, Y.H., Grimont, P., Saliot, A. and Oudot, J. (2004) ‘Identification and biodegradation potential of tropical aerobic hydrocarbon- degrading



microorganisms’, Research in Microbiology, 595 <http://dx.doi.org/10.1016/j.resmic.2004.04.006>.

Chen, Shuai & Mckinney, Garrett & Nichols, Krista & Colbourne, John & Sepulveda, Maria. (2015). Bioremediation of soils contaminated with polycyclic aromatic hydrocarbons, petroleum, pesticides, chlorophenols and heavy metals by composting: Applications, microbes and future research needs. *Biotechnology Advances*. Volume 33, Issue 6, Part 1, 1 November <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2015.05.003> 2015, Pages 745-755.

Corral-Lugo, A. M.-G.-V.-C. (2012). Cuantificación de bacterias cultivables mediante el método de "Goteo en Placa por Sellado (o estampado) Masivo". *Revista Colombiana de Biotecnología*, 2.

Daccò, C., Nicola, L., Temporiti, MEE, Mannucci, B., Corana, F., Carpani, G. y Tosi, S. (2020). Trichoderma : Evaluación de su capacidad de degradación para la biorremediación de mezclas complejas de hidrocarburos. *Applied Sciences* , 10 (9), 3152. <https://doi.org/10.3390/app10093152>

Dai, X., Lv, J., Yan, G., Chen, C., Guo, S. and Fu, P. (2020) ‘Bioremediation of intertidal zones polluted by heavy oil spilling using immobilized laccase-bacteria consortium’, *Bioresource Technology*, 309, 123305 <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2020.123305>.

Goretti, M. (2023) Manual de procedimientos técnicos para el análisis microbiológico de suelos. Campoalegre, Huila: Servicio de Aprendizaje (SENA). Centro de Formación Agroindustrial La Angostura.

Lifeder. (17 de marzo de 2022). Preparación de medios de cultivo. Recuperado de: <https://www.lifeder.com/preparacion-medios-cultivo/>.

Muñoz, S. (2016). EVALUACIÓN DE LA EFICACIA DE Trichoderma sp Y Pseudomona sp PARA BIORREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON HIDROCARBUROS. INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA DE LOS RECURSOS NATURALES. UNIVERSIDAD QUITO-ECUADOR. POLITÉCNICA Obtenido SALESIANA <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/13228/1/UPSEQT10474.pdf>



- Palacios, C., & Llerena, S. (2024, julio 24). Evaluación in vitro de la micorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos. Universidad Regional Amazónica Ikiam, Grupo de Investigación Ecosistemas Tropicales y Cambio, Tena 150102, Ecuador.
- Peixoto, R. S., Vermelho, A. B., & Rosado, A. S. (2011). Petroleum-degrading enzymes: bioremediation and new prospects. *Enzyme research*, 2011, 475193. <https://doi.org/10.4061/2011/475193>
- Peña Murillo, S. E., Ochoa Celi, J. A., Torres Córdova, F. J., & Zambrano Nevárez, E. M. (2025). Fuel subsidies in Ecuador: Bibliographic analysis of their cost and sustainability. *Revista Iberoamericana De educación*, 9(1), 55–72. <https://doi.org/10.31876/rie.v9i1.288>
- QUISPE HUANCAJ. (2020). Determinación de los tiempos de la biodegradación del hidrocarburo (Diesel B5) a diferentes concentraciones en bioreactores de polietileno con un inóculo de bacterias nativas de suelo contaminado con hidrocarburos. (Trabajo de titulación) (Pregrado). Universidad Nacional De San Agustín De Arequipa, Facultad de ingeniería de procesos, Escuela Profesional De Ingeniería Ambiental.(Arequipa-Perú). pp 1
- Sakthipriya & Doble, Mukesh & Sangwai, Jitendra. (2015). Bioremediation of Coastal and Marine Pollution due to Crude Oil using a Microorganism Bacillus Subtilis. *Procedia Engineering*. 116. 213-220. [10.1016/j.proeng.2015.08.284](https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.284).
- Terán, M. (2025). IDENTIFICACIÓN DE GENES DE RESISTENCIA ANTIMICROBIANA PRESENTES EN ESPECIES BACTERIANAS OBTENIDAS A PARTIR DE COMIDA CALLEJERA PROCEDENTE DE LOS PARQUES INGLÉS Y LA CAROLINA DEL NORTE DE QUITO, ECUADOR, MEDIANTE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS Y MOLECULARES. UISEK. Quito, Ecuador. Disponible en: <https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/5518/1/Ben%C3%ADtez%20Ter%C3%A1n%20Macarena.pdf?>
- Tourova, T.P., Sokolova, D.S., Semenova, E.M., Poltarau, A.B. and Nazina, T.N. (2018) ‘Diversity of the alkB genes of n-alkane biodegradation in thermophilic hydrocarbon- oxidizing bacteria of the genera Geobacillus, Parageobacillus, and Aeribacillus’, *Microbiology* 307 (Russian Federation), <http://dx.doi.org/10.1134/S002626171803013X>.



- Tourova, T.P., Sokolova, D.S., Semenova, E.M., Shumkova, E.S., Korshunova, A.V., Babich, T.L., Poltarau, A.B. and Nazina, T.N. (2016) 'Detection of n-alkane biodegradation genes *alkB* and *ladA* in thermophilic hydrocarbon-oxidizing bacteria of the genera *Aeribacillus* and *Geobacillus*', *Microbiology (Russian Federati)*.
- ULE, O., OGBONNA, D.N., OKPARANMA, R.N. Y NRRIOR, R.R., 2021. Myco- Enhanced USEPA. (2020). Introduction to in situ and ex situ bioremediation of contaminated soils. United States Environmental Protection Agency.
- Vizuete-García, Ricardo Abel, Pascual-Barrera, Alina Eugenia, Taco-Taco, Carlos Wilfrido, & Morales-Padilla, María Monserrath. (2020). Biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos a base de bacterias utilizadas como bioproductos.
- Wang, S., et al. (2017). The harm of petroleum-polluted soil and its remediation research. AIP Conference Proceedings, 1864(1). doi: 10.1063/1.4993039
- Zubieta, F. M. A., Sánchez, B. M., & Pinedo, M. N. 2022. Crecimiento in vitro de hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*) en diferentes medios de cultivo: Félix Miguel Angulo Zubieta, Beatriz, Mamani Sánchez, Máximo Nova Pinedo. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y 14-22. de Recursos Naturales*, [https://riiarn.umsa.bo/index.php/RIIARn/article/view/2169\(1\)](https://riiarn.umsa.bo/index.php/RIIARn/article/view/2169(1)).

