TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES

MAESTRÍA EN GESTIÓN Y AUDITORÍAS AMBIENTALES

"Evaluación de la biodegradación de Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH) en suelos contaminados, usando compost orgánico en la provincia de Talara, región Piura"

Tesis para optar al grado académico de:

Maestro en Gestión y Auditorías Ambientales

Presentado por:

Edward Luis Liñán Flores (0009-0003-4727-8528)

Asesor:

José Alberto Iannacone Oliver (0000-0002-7568-895X)

Coasesor:

César Augusto Torres Díaz (0000-0002-5855-719X)

Lima - Perú

2026

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES

MAESTRÍA EN GESTIÓN Y AUDITORÍAS AMBIENTALES

"Evaluación de la biodegradación de Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH) en suelos contaminados, usando compost orgánico en la provincia de Talara, región Piura"

Tesis para optar al grado académico de:

Maestro en Gestión y Auditorías Ambientales

Presentado por:

Edward Luis Liñán Flores (0009-0003-4727-8528)

Asesor:

José Alberto Iannacone Oliver (0000-0002-7568-895X)

Coasesor:

César Augusto Torres Díaz (0000-0002-5855-719X)

Lima - Perú

2026

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Lima, 18 de setiembre de 2026.

Los integrantes del Jurado de tesis:

Presidente: Mag. Mirtha Rosario Nazario Ramírez
Miembro 1: Dr. Noe Ordoñez Machicao
Miembro 2: Mag. Justhin Khalil Guevara Ramírez

Se reúnen para evaluar la tesis titulada: "**EVALUACIÓN DE LA BIODEGRADACIÓN DE HIDROCARBUROS TOTALES DE PETRÓLEO (TPH) EN SUELOS CONTAMINADOS, USANDO COMPOST ORGÁNICO EN LA PROVINCIA DE TALARA, REGIÓN PIURA**" con código de proyecto: POS-56-2024-00068.

Presentada por el estudiante:

- **Edward Luis Liñan Flores** con DNI: 44529343

Para optar el Grado Académico de Maestro en Gestión y Auditorías Ambientales

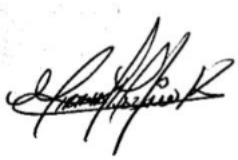
Asesorado por: Dr. José Alberto Iannacone Oliver

Luego de haber evaluado el informe final de tesis y evaluado el desempeño del egresado del Programa de Maestría en Gestión y Auditorías Ambientales en la sustentación, se concluye de manera unánime (X) por mayoría simple ( ) calificar a:

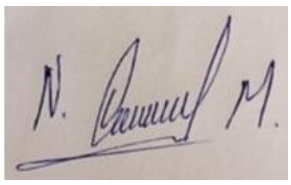
Tesistas: **Edward Luis Liñan Flores**		Nota (en letras): **Diecisiete**	
Aprobado ( )	Aprobado - Muy buena (**X**)	Aprobado - Sobresaliente ( )	Desaprobado ( )

Desaprobado (0-12) / Aprobado (13-15) / Aprobado con mención muy buena (16-18) / Aprobado con mención sobresaliente (19-20)

Los miembros del jurado firman en señal de conformidad.



Mag. Mirtha Rosario Nazario Ramírez
DNI: **40460095**
Presidente



Dr. Noe Ordoñez Machicao
DNI: 29299743
1er Miembro



Mag. Justhin Khalil Guevara Ramírez
DNI: 41101875
2do Miembro



Dr. José Alberto Iannacone Oliver
DNI: 09413998
Asesor

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD DE CONTENIDO DE INFORME FINAL DE TESIS[1]

Lima, 12 de octubre del 2026

Señor, Dr.
Carlos Zavalaga Reyes
Dirección General de Investigación, Desarrollo e Innovación
Universidad Científica del Sur
Presente. –

De nuestra consideración,

Yo Edward Luis Liñán Flores, egresado de la Maestría de Gestión y Auditorías Ambientales de la Universidad Científica del Sur, en conjunto con el asesor de tesis José Alberto Iannacone Oliver, declaramos que este informe final de tesis de investigación titulado: Evaluación de la Biodegradación de Hidrocarburos totales de Petróleo (TPH) en suelos contaminados, usando compost orgánico en la Provincia de Talara, Región Piura, sustentado para obtener el grado de Magister es original.

Es decir, no contiene plagio parcial ni total, cuando se utilizó información de fuentes externas se reconoció la autoría mediante la adecuada citación y los resultados obtenidos son producto entero de mi investigación y no han sido falseados ni fabricados. Todo esto en cumplimiento del Código de ética en la investigación, Reglamento del Comité de Integridad Científica, Reglamento de Propiedad Intelectual, Normas y procedimientos de los trabajos de investigación para la obtención de títulos profesionales y grados académicos[2], que afirmamos conocer en su totalidad.

Por ello, en caso de identificarse alguna situación de plagio, falsificación o fabricación de resultados, nos allanamos al proceso de investigación que establezca la Universidad y las posibles sanciones que pudieran surgir.

Firmamos en conformidad con lo declarado,

EDWARD LUIS LIÑAN FLORES
CBP. 10532

Edward Luis Liñan Flores
Tesista
DNI N° 44529343

[1] En conformidad con la Resolución del Consejo Directivo N° 084-2022-SUNEDU/CD
[2] Los documentos están en: https://investigacion.cientifica.edu.pe/reglamentos/



_____

José Alberto Iannacone Oliver
Asesor
DNI N° 09413998

INFORME DE REVISIÓN DE ORIGINALIDAD

Título del documento evaluado. Evaluación de la biodegradación de Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH) en suelos contaminados, usando compost orgánico en la provincia de Talara, región Piura

Autores. Edward Luis Liñan Flores

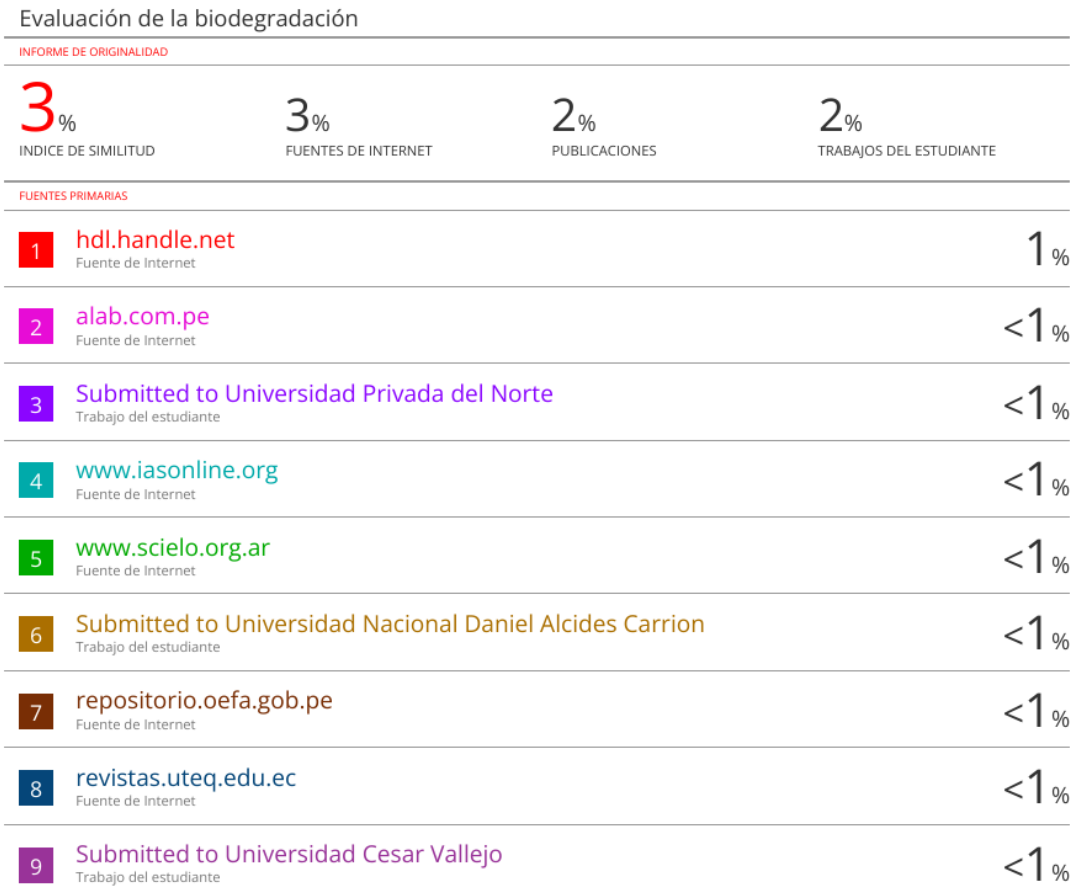
Mecanismo de revisión de originalidad. Evaluación con Turnitin (ID 3095366824).

Código de registro. POS-56-2024-00068

Resultado de la evaluación. 3%

Revisado por. Magaly Kelly Guerrero Huaracallo.

Comentarios sobre la revisión. Filtros usados: excluir fuentes de menos de 12 palabras.



Evaluación de la biodegradación

INFORME DE ORIGINALIDAD

3%	3%	2%	2%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
2	alab.com.pe Fuente de Internet	<1%
3	Submitted to Universidad Privada del Norte Trabajo del estudiante	<1%
4	www.iasonline.org Fuente de Internet	<1%
5	www.scielo.org.ar Fuente de Internet	<1%
6	Submitted to Universidad Nacional Daniel Alcides Carrion Trabajo del estudiante	<1%
7	repositorio.oefa.gob.pe Fuente de Internet	<1%
8	revistas.uteq.edu.ec Fuente de Internet	<1%
9	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1%

Dedicatoria

A mis padres Luis y Roxana, que siempre están ahí para mí

A mi esposa Viviana, por su amor y apoyo incondicional día tras día.

A mis hijos, Mathew, Bruno y Iana, por el tiempo que debí estar con ustedes.

Agradecimientos

A mi asesor, profesor Dr. José Iannacone Oliver, por su gran apoyo, fortaleza, consejos, experiencia y sabiduría brindada en el presente proyecto de tesis.

A mi coasesor, profesor Blgo. - Mcblgo. César Augusto Torres Díaz, Dr., por su valioso apoyo, consejos y orientación en cada paso dado del presente proyecto de tesis.

A la Universidad Nacional de Piura (UNP), mi alma máter, por su autorización y facilidades para poder brindarme un espacio para la realización de mi proyecto de tesis.

A Marco Valencia, gerente general del laboratorio Analytical Laboratory E.I.R.L., por su continuo y valiosísimo apoyo en el análisis de las muestras de mi proyecto de tesis.

A mi amigo y asistente de campo, Alberto Christian Escobedo Rosas, por su gran apoyo en campo y su excelente amistad en el paso de los años.

Índice

Resumen 2
Abstract 1
I. INTRODUCCIÓN 1
II. MATERIALES Y MÉTODOS 4
2.1. Enfoque y diseño metodológico de la investigación 4
2.2. Lugar de estudio 4
2.3. Construcción y ubicación del área experimental 5
2.4. Obtención del Suelo natural de Talara 5
2.5. Obtención del petróleo crudo liviano de Talara 6
2.6. Obtención del compost orgánico de Piura 6
2.7. Muestreo y Análisis del Suelo Natural, compost orgánico y Unidades experimentales 8
2.8. Muestreo y análisis de petróleo crudo liviano de Talara: 8
2.9. Niveles de contaminación simulada al 3% y 6% 8
2.10. Procedimiento de formación de unidades experimentales: 9
2.11. Muestreo de suelos en unidades experimentales: 11
2.12. Análisis de datos 11
2.13. Distribución de los datos, ajuste y selección del modelo 11
2.14. Aspectos éticos 14
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 15
3.1. Evaluación de la biodegradación de hidrocarburos totales de petróleo (TPH) .. 15
3.2. Efectos principales e interacciones del tratamiento, composición y tiempo 15
3.3. Promedios marginales ajustados de TPH y trayectorias temporales 18
3.4. Comparaciones múltiples (Tukey) y tamaños de efecto 25
3.5. Caracterización de las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas del suelo natural de Talara y compost orgánico, al inicio de la investigación. 27
3.6. Caracterización de las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas de las unidades experimentales a los 0, 30 y 60 días de la investigación a través del Análisis de Componentes Principales (PCA) 30
IV. CONCLUSIONES 38
V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 41
VI. FIGURAS Y TABLAS 48
I. ANEXOS 76

Resumen

La contaminación de suelos por Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH) constituye una problemática ambiental asociada a las actividades hidrocarburíferas, por lo que resulta necesario evaluar alternativas de tratamiento basadas en procesos de biodegradación. En este contexto, el experimento se realizó utilizando petróleo crudo liviano, suelo natural de Talara y compost orgánico elaborado principalmente a partir de residuos de "Algarrobo" *Neltuma piurensis*, complementado en menor proporción con otros residuos orgánicos de origen vegetal y animal. Mediante un sistema de tres (3) tratamientos: T1, con suelo natural no contaminado (SNC); T2, con suelo natural contaminado (SC) al 3%; y T3, con suelo natural contaminado (SC) al 6%, en tres (3) composiciones diferentes: 100% Suelo, 70%-30% suelo-compost orgánico, 90%-10% suelo-compost orgánico, tres (3) réplicas cada uno y tres (3) bloques temporales: 0, 30 y 60 días, se formaron un total de ochenta y un (81) unidades experimentales, constituidas por bolsas negras de polietileno perforadas de 2 kg cada una, donde se realizaron muestreos sistemáticos de suelo a los 0, 30 y 60 días. Los resultados mostraron que la mayor reducción de TPH se alcanzó al día 60 en el tratamiento con suelo contaminado al 3 % (T2), empleando una proporción suelo–compost de 70%–30%, con una reducción del 87,4 %. Asimismo, en el tratamiento con suelo contaminado al 6 % (T3), bajo la misma proporción suelo–compost, se obtuvo una reducción del 77,8 %. En las condiciones experimentales evaluadas, el compost orgánico elaborado principalmente a partir de residuos de "Algarrobo" *N. piurensis* favoreció la reducción de TPH y generó condiciones fisicoquímicas y microbiológicas compatibles con procesos asociados a la biodegradación, constituyendo una

alternativa potencial para el tratamiento de suelos contaminados bajo condiciones experimentales simuladas de Talara. La aplicación de una proporción suelo–compost de 70%–30% permitió alcanzar reducciones importantes de TPH durante un periodo de 60 días, tanto en suelos contaminados al 3% como al 6%.

Palabras clave: Algarrobo, biorremediación, contaminación, compostaje, microorganismos

Abstract

Soil contamination by Total Petroleum Hydrocarbons (TPH) is an environmental issue associated with hydrocarbon-related activities; therefore, it is necessary to evaluate treatment alternatives based on biodegradation processes. In this context, the experiment was conducted using light crude oil, natural soil from Talara, and organic compost made primarily from *Neltuma piurensis* ("Algarrobo") residues, supplemented with smaller proportions of other organic waste of plant and animal origin. A total of eighty-one (81) experimental units were established using three (3) contamination levels—T1 (uncontaminated natural soil/SNC), T2 (natural soil contaminated at 3%/SC), and T3 (natural soil contaminated at 6%/SC)—combined with three (3) soil-to-compost ratios (100% soil, 70%–30%, and 90%–10%). Each combination was set up with three (3) replicates and assessed across three (3) time intervals (0, 30, and 60 days). The units consisted of perforated 2 kg black polyethylene bags, from which systematic soil samples were collected at the specified time points. The results showed that the greatest TPH reduction was achieved at day 60 in the treatment with soil contaminated at 3% (T2) using a 70%–30% soil-to-compost ratio, resulting in an 87.4% reduction. Similarly, the treatment with soil contaminated at 6% (T3) yielded a 77.8% reduction under the same soil-to-compost ratio. Under the experimental conditions evaluated, organic compost produced primarily from *N. piurensis* ("Algarrobo") residues promoted TPH reduction and created physicochemical and microbiological conditions conducive to biodegradation processes, representing a potential alternative for treating contaminated soils under simulated experimental conditions for Talara. Applying a soil-to-compost

ratio of 70%–30% achieved significant TPH reductions over a 60-day period in soils contaminated at both 3% and 6% levels.

Keywords: Bioremediation, carob tree, composting, microorganisms, pollution