

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**Evaluación del potencial de las bacterias del género
Halomonas sp. para la remoción de Diésel B5 S-50 en suelos
del Parque Industrial La Esperanza, 2024.**

TESIS

Para optar el Título de Ingeniero Ambiental

Autores: Br. Alvarado Rios, Geysi Yameli

Br. Barboza Vilchez, Jemina Rebeca

Asesor: Dr. Quezada Álvarez, Medardo Alberto

Co asesor: Ing. Purizaca Jacinto Carlos Octavio


Trujillo – Perú

2024

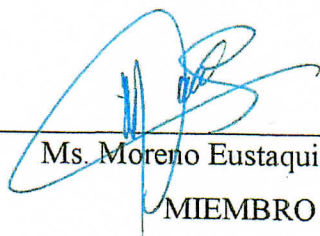
JURADO CALIFICADOR



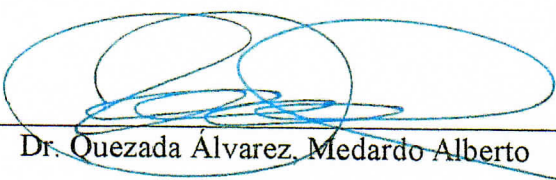
Ms. Mendoza Bobadilla, Jorge Luis
PRESIDENTE



Dr. Solís Muñoz, Haniel
SECRETARIO



Ms. Moreno Eustaquio, Walter
MIEMBRO



Dr. Quezada Álvarez, Medardo Alberto
ASESOR

DEDICATORIA

A Dios, por brindarme sabiduría, darme las fuerzas necesarias y haberme guiado a alcanzar mis objetivos y culminar este trabajo.

A mi madre, por su apoyo sin medida, sus consejos y ser mi mayor motivación para cumplir mis metas.

A mi hermano, por ser parte de mi motivación para alcanzar mis objetivos.

A mis tíos, por su apoyo a lograr mis objetivos y ser parte del proceso para culminar esta etapa profesional.

Alvarado Rios, Geysi Yameli

A Dios por darme sabiduría y fortaleza para cumplir mis objetivos.

A mis padres y hermanos por su apoyo incondicional, por creer en mí y motivarme a perseguir mis sueños.

A todos aquellos que me apoyaron y aconsejaron para culminaron con éxito este trabajo.

Barboza Vilchez, Jemina Rebeca

AGRADECIMIENTO

A Dios por darnos la sabiduría y guiar nuestro camino para poder llevar a cabo esta investigación.

A nuestros asesores, el Dr. Medardo Alberto Quezada Alvarez y el Ing. Carlos Octavio Purizaca Jacinto, por brindarnos su apoyo constante, compartirnos sus conocimientos y aconsejarnos en el desarrollo de este trabajo de investigación.

A todo el equipo de Laboratorio de Tecnologías Limpias y/o Emergentes y al Laboratorio de Investigación y Desarrollo de Ciencias Ambientales de la Escuela de Ingeniería Ambiental por facilitarnos el uso de sus instalaciones y poner en disposición instrumentos y equipos para el desarrollo de la tesis.

Y a todas las personas que contribuyeron a la culminación del presente trabajo.

Los autores

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Realidad Problemática.....	1
1.2. Antecedentes.....	3
1.3. Marco teórico y conceptual.....	5
1.4. Problema.....	11
1.4.1. Problema General.....	11
1.4.2. Problemas Específicos.....	11
1.5. Hipótesis.....	11
1.5.1. Hipótesis General.....	11
1.5.2. Hipótesis Específicas.....	11
1.6. Objetivos.....	12
1.6.1. Objetivo General.....	12
1.6.2. Objetivos Específicos.....	12
1.7. Importancia del problema.....	12
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	14
2.1. Materiales, reactivos, insumos, equipos e instrumentos.....	14
2.1.1. Materiales.....	14
2.1.2. Reactivos e insumos.....	15
2.1.3. Equipos e instrumentos.....	15
2.2. Métodos y técnicas.....	16
2.2.1. Materiales de Estudio.....	16
2.2.2. Metodología de Estudio.....	17
2.3. Diseño experimental.....	22
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	25
3.1. Caracterización de suelo.....	25
3.2. Análisis de hidrocarburos del diésel B5 S-50.....	25
3.3. Identificación de las cepas bacterianas.....	28
3.4. Fase I: Efecto del tiempo de crecimiento de las bacterias <i>Halomonas sp.</i> en la remoción de Diésel B5 S-50.....	29

3.5. Fase II: Efecto de la dosis de inóculo de las bacterias del género <i>Halomonas sp.</i> , el tipo de bacteria <i>Halomonas sp.</i> y el tiempo de residencia en la remoción de Diésel B5 S-50	33
3.6. Fase III: Efecto de las concentraciones de Diésel B5 S-50 sobre el porcentaje de remoción	37
4. CONCLUSIONES.....	40
5. RECOMENDACIONES	41
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42
7. ANEXOS.....	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Clasificación de hidrocarburos de acuerdo con su estructura.	7
Figura 2. Ruta de biodegradación aeróbica.	9
Figura 3. Cromatograma GC-MS del diésel B5 S-50 en estudio	26
Figura 4. Identificación de hidrocarburo nonano (C ₉ H ₂₀) por la biblioteca del software de Espectrometría de Masas	27
Figura 5. Observación macroscópica de las cepas bacterianas: (a) Halomonas salina (b) Halomonas venusta.....	28
Figura 6. Observación microscópica de cepas en tinción Gram: (a) Halomonas salina (b) Halomonas venusta.....	29

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Relación de materiales utilizados en la investigación.	14
Tabla 2. Reactivos e insumos utilizados en la investigación.....	15
Tabla 3. Equipos e instrumentos utilizados en la investigación.....	15
Tabla 4. Diluciones para curva de calibración	19
Tabla 5. Diseño experimental para evaluar el efecto del crecimiento de las bacterias <i>Halomonas sp.</i>	23
Tabla 6. Diseño experimental para evaluar el efecto del tipo de bacteria, dosis de inóculo y tiempo de residencia.	23
Tabla 7. Diseño experimental para evaluar el efecto de las concentraciones de Diésel B5 S-50.	24
Tabla 8. Resultados del análisis mecánico y textural del suelo.....	25
Tabla 9. Resultados de la curva de crecimiento de <i>Halomonas salina</i>	29
Tabla 10. Resultados de la curva de crecimiento de <i>Halomonas venusta</i>	30
Tabla 11. Resultados de la remoción de Diésel B5 S-50 considerando el tipo de bacteria <i>Halomonas sp.</i> y su tiempo de crecimiento.	31
Tabla 12. ANOVA para el efecto del tipo de bacteria <i>Halomonas sp.</i> y el tiempo de crecimiento en la remoción de Diésel B5 S-50.	32
Tabla 13. ANOVA simple del efecto entre los tratamientos sobre la remoción de diésel B5 S-50 considerando el tipo de bacteria <i>Halomonas sp.</i> y su tiempo de crecimiento.....	32
Tabla 14. Prueba de Múltiples Rangos por Tukey por tratamiento sobre la remoción de diésel B5 S-50 considerando el tipo de bacteria <i>Halomonas sp.</i> y su tiempo de crecimiento.	33
Tabla 15. Resultados de la remoción de diésel B5 S-50 considerando el tipo de bacteria <i>Halomonas sp.</i> , dosis de inóculo y tiempo de residencia.	34
Tabla 16. ANOVA sobre la remoción de diésel B5 S-50 considerando el tipo de bacterias <i>Halomonas sp.</i> , dosis de inóculo y tiempo de residencia.	34
Tabla 17. ANOVA simple del efecto entre los tratamientos sobre la remoción de diésel B5 S-50 considerando el tipo de bacteria <i>Halomonas sp.</i> , dosis de inóculo y tiempo de residencia.	35
Tabla 18. Pruebas de Múltiple Rangos por LSD por tratamientos sobre la remoción de diésel B5 S-50 considerando el tipo de bacteria <i>Halomonas sp.</i> , dosis de inóculo y tiempo de residencia.	35

Tabla 19. Resultados del porcentaje de remoción de diésel B5 S-50 considerando las concentraciones de Diésel B5 S-50	37
Tabla 20. ANOVA simple del efecto entre los tratamientos sobre el porcentaje de remoción de diésel B5 S-50 considerando las concentraciones de Diésel B5 S-50	377
Tabla 21. Prueba de Múltiples Rangos por método LSD de Fisher por tratamiento sobre la remoción de diésel B5 S-50 considerando las concentraciones de Diésel B5 S-50.	38

RESUMEN

La presente investigación busca aportar una alternativa de solución ante el problema de contaminación de suelos por hidrocarburos ante situaciones de contingencia, mediante una estrategia biotecnológica que permita reducir el impacto que estos generan en el medio ambiente. El principal objetivo fue evaluar el potencial de remoción de Diésel B5 S-50 de las bacterias del género *Halomonas sp.* en suelos del Parque Industrial La Esperanza en el 2024. El estudio se desarrolló en tres fases experimentales. Se evaluaron las variables tipo de bacteria *Halomonas sp.*, tiempo de crecimiento bacteriano, dosis de inóculo, tiempo de residencia en el suelo y concentraciones iniciales de diésel. Los resultados obtenidos fueron que la *Halomonas venusta* alcanzó el mayor porcentaje de remoción de 38.30 % con una dosis de inóculo de 6 ml y un tiempo de residencia de 28 días; y que con una concentración de diésel del 20% se alcanza una remoción de 46.92 %. Se concluyó que las bacterias *Halomonas salina* y *Halomonas venusta* tienen el potencial para remover Diésel B5 S-50 en suelos de tipo arenosos, siendo la bacteria *Halomonas venusta* la que alcanzó los mayores porcentajes de remoción.

Palabras Clave: *Contaminación, diésel, remoción, Halomonas*

ABSTRACT

The present research aims to provide an alternative solution to the problem of soil contamination by hydrocarbons in contingency situations through a biotechnological strategy that reduces the environmental impact they generate. The main objective was to evaluate the potential for Diesel B5 S-50 removal by bacteria of the genus *Halomonas sp.* in the soils of the Parque Industrial La Esperanza in 2024. The study was conducted in three experimental phases. The variables evaluated were the type of *Halomonas sp.* bacteria, bacterial growth time, inoculum dose, residence time in the soil, and initial diesel concentrations. The results obtained showed that *Halomonas venusta* achieved the highest removal percentage of 38.30% with an inoculum dose of 6 ml and a residence time of 28 days; and that with a diesel concentration of 20%, a removal of 46.92% was achieved. It was concluded that *Halomonas salina* and *Halomonas venusta* bacteria have the potential to remove Diesel B5 S-50 in sandy soils, with *Halomonas venusta* achieving the highest removal percentages.

Key Words: *pollution, diesel, remotion, Halomonas*



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN REPOSITORIO DIGITAL RENATI – SUNEDU

Trujillo, 22 de julio de 2024

Los autores suscritos del INFORME DE INVESTIGACIÓN CIENTIFICA

Titulado: "Evaluación del potencial de las bacterias del género Halomonas sp. para la remoción de Diésel B5 S-50 en suelos del Parque Industrial La Esperanza, 2024"

AUTORIZAMOS SU PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INTITUCIONAL, REPOSITORIO RENATI – SUNEDU, ALICIA-CONCYTEC, CON EL SIGUIENTE TIPO DE ACCESO:

- A. Acceso abierto: []
B. Acceso restringido [X] (datos del autor y resumen del trabajo)
C. No autorizo su publicación []

Si eligió la opción restringido o No autoriza su publicación sírvase justificar

La información y resultados de la investigación será usada para una publicación científica

ESTUDIANTE DE PREGRADO: TRABAJO DE INVESTIGACIÓN [] TESIS [X]
ESTUDIANTE DE POSGRADO: TESIS MAESTRIA [] TESIS DOCTORAL []
DOCENTE: INFORME DE INVESTIGACIÓN [] OTROS []

El equipo investigador integrado por:

Table with 6 columns: N°, APELLIDOS Y NOMBRES, FACULTAD, CONDICIÓN (NOMBRADO, CONTRATADO, MERITO, estudiante, OTROS), CÓDIGO docente (Número de matrícula del estudiante), Autor coautor asesor. Rows include Alvarado Rios, Geysi Yameli; Barboza Vilchez, Jemina Rebeca; and Quezada Álvarez, Medardo Alberto.

[Handwritten signature]

FIRMA

71055052

DNI

[Handwritten signature]

FIRMA

71246001

DNI

[Handwritten signature]

FIRMA

18110481

DNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

DECLARACIÓN JURADA

Los autores suscritos en el presente documento DECLARAMOS BAJO JURAMENTO que somos los autores responsables legales de la calidad y originalidad del contenido del proyecto de investigación científica, así como, del informe de la investigación científica realizado.

TITULO: "Evaluación del potencial de las bacterias del género *Halomonas* sp. para la remoción de Diésel B5 S-50 en suelos del Parque Industrial La Esperanza, 2024"

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN CIENTIFICA INFORME DE INVESTIGACIÓN CIENTIFICA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN () TRABAJO DE INVESTIGACIÓN (PREGRADO) ()
PREGRADO
PROYECTO DE TESIS PREGRADO () TESIS PREGRADO (x)
PROYECTO DE TESIS MAESTRIA () TESIS MAESTRÍA ()
PROYECTO DE TESIS DOCTORADO () TESIS DOCTORADO ()

El equipo investigador integrado por:

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	FACULTAD	CONDICIÓN (NOMBRADO, CONTRATADO, MERITO, estudiante, OTROS)	CÓDIGO docente Número de matrícula del estudiante	Autor coautor asesor
1	Alvarado Rios, Geysi Yameli	Ing. Química	Alumna	1013701117	Autora
2	Barboza Vilchez, Jemina Rebeca	Ing. Química	Alumna	1013700117	Autora
3	Quezada Álvarez, Medardo Alberto	Ing. Química	Asesor	5645	Asesor

FIRMA

71055052

DNI

FIRMA

71246001

DNI

FIRMA

1811 0481

DNI