



**FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES**  
**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**  
**“EFECTO DE LA FIJACIÓN DE PSEUDOMONAS SP. EN CARBÓN**  
**ACTIVADO EN LA REMOCIÓN DE TPH DE AGUAS CONTAMINADAS**  
**CON PETRÓLEO CRUDO”**

Tesis para optar al título profesional de:  
INGENIERO AMBIENTAL

Presentado por:  
Madeleine Karina Morales Flores (0000-0003-1298-9832)

Asesor:  
Elfer Valdivia Paz-Soldán (0000-0002-8811-4955)

Lima – Perú  
2022

### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Lima, 18 de enero del 2023.

Los integrantes del jurado de tesis:

|  |
|--|
| Presidente: Mg. Blga. Wendy Elizabeth Pérez Porras |
| Miembro: Mg. Ing. Marisol Núñez Martínez           |
| Miembro: Mg. Blga. Catherine Mariela Coronado León |

Se reúnen para evaluar la tesis titulada:

**"EFECTO DE LA FIJACIÓN DE PSEUDOMONAS SP. EN CARBÓN ACTIVADO EN LA REMOCIÓN DE TPH DE AGUAS CONTAMINADAS CON PETRÓLEO CRUDO"**

Presentada por la estudiante/hachiller:

- **Madeleine Karina Morales Flores**

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Asesorado por: Blgo. Elfer Valdivia Paz-Soldán

Luego de haber evaluado el informe final de tesis y evaluado el desempeño del estudiante de la carrera de Ingeniería Ambiental en la sustentación, concluyen de manera unánime (X) por mayoría simple ( ) calificar a:

|  |                          |                                     |                 |
|--|--------------------------|-------------------------------------|-----------------|
| Tesis: Madeleine Karina Morales Flores |                          | Nota (en letras): { Diecisiete } 17 |                 |
| Aprobado ( )                           | Aprobado - Muy buena (X) | Aprobado - Sobresaliente ( )        | Desaprobado ( ) |

Los miembros del jurado firman en señal de conformidad.



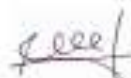
Mg. Blga. Wendy Elizabeth Pérez Porras  
Presidente



Mg. Ing. Marisol Núñez Martínez  
Miembro 1



Mg. Blga. Catherine Mariela Coronado León  
Miembro 2



Blgo. Elfer Daniel Valdivia Paz-Soldán  
Asesor

**ANEXO: FORMATO DE DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD DE CONTENIDO DE INFORME FINAL DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

**UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR**

**DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD DE CONTENIDO DE INFORME FINAL DE TESIS / TRABAJO DE INVESTIGACIÓN<sup>1</sup>**

Lima, 21 de enero del 2023

Señor,  
**Director General de Investigación, Desarrollo e Innovación**  
**Universidad Científica del Sur**  
**Presente.** –

De nuestra consideración,

Yo: Madeleine Karina Morales Flores, egresado de la carrera de Ingeniería y Gestión Ambiental de la Universidad Científica del Sur, en conjunto con el asesor de tesis Elfer Valdivia Paz Soldán, declaramos que este informe final de tesis titulado: "Efecto de la fijación de *Pseudomonas* sp. en carbón activado en la remoción de TPH de aguas contaminadas con petróleo crudo", sustentado para obtener el título de Ing. Ambiental, 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 <sup>2</sup>, 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,



Firma tesista  
 DNI: 72364028



Firma del asesor de tesis  
 DNI:08767175

<sup>1</sup> En conformidad con la Resolución del Consejo Directivo N° 084-2022-SUNEDU/CD

<sup>2</sup> Los documentos están en: <https://investigacion.cientifica.edu.pe/reqlamentos/>

## INFORME DE REVISIÓN DE ORIGINALIDAD

**Título del documento evaluado.** Efecto de la fijación de Pseudomonas sp. en carbón activado en la remoción de TPH de aguas contaminadas con petróleo crudo

**Autores.** Madeleine Karina Morales Flores.

**Mecanismo de revisión de originalidad.** Evaluación con Turnitin (ID 2003474083).

**Resultado de la evaluación.** 2%

**Revisado por.** Magaly Kelly Guerrero Huaracallo.

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

### Efecto de la fijación

#### INFORME DE ORIGINALIDAD

2%

INDICE DE SIMILITUD

1%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

0%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

#### FUENTES PRIMARIAS

1

[search.scielo.org](https://search.scielo.org)

Fuente de Internet

<1%

2

Submitted to Pontificia Universidad Católica del Perú

Trabajo del estudiante

<1%

3

[repositorio.ucv.edu.pe](https://repositorio.ucv.edu.pe)

Fuente de Internet

<1%

4

[www.cepis.org.pe](https://www.cepis.org.pe)

Fuente de Internet

<1%

5

[www.researchgate.net](https://www.researchgate.net)

Fuente de Internet

<1%

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 12 words

Excluir bibliografía

Apagado

Dedico este trabajo, con todo mi corazón, a mis padres quienes se han esforzado todos estos años para hacer de mi una mejor persona; y a mis amigos que de una u otra forma, me han apoyado en el proceso.

## EFFECTO DE LA FIJACIÓN DE PSEUDOMONAS SP. EN CARBÓN ACTIVADO EN LA REMOCIÓN DE TPH DE AGUAS CONTAMINADAS CON PETRÓLEO CRUDO

Effect of the fixation of *Pseudomonas* sp. in activated carbon in the removal of TPH from water contaminated with crude oil

Madeleine MORALES-FLORES

Facultad de Ciencias Ambientales de la Universidad Científica del Sur, Lima, Perú.

Correspondencia: madeleinekmf@gmail.com

Palabras clave: biorremediación, hidrocarburos, bacterias, inmovilización, biosoporte.

### RESUMEN

La contaminación de aguas por petróleo crudo afecta el equilibrio ecosistémico, contribuye a la formación de pasivos ambientales y pone en riesgo la calidad de vida de las poblaciones dependientes de los recursos vulnerados. Numerosos estudios señalan a *Pseudomonas* spp. como microorganismos degradadores de hidrocarburos, pero sensibles a cambios ambientales bruscos y con posible pérdida de biomasa con el flujo del agua, perjudicando el progreso del tratamiento. En este sentido, esta investigación se desarrolló esperando que la elaboración de un biosoporte de carbón activado y una cepa de *Pseudomonas* sp. contribuya a solucionar dichos problemas; incrementando así, la eficiencia de tratamiento de aguas contaminadas con petróleo crudo.

Para ello, se tomaron muestras de la planta de tratamiento de aguas residuales industriales de una refinería de petróleo peruana. Se aislaron 6 colonias bacterianas que, por características culturales y pruebas bioquímicas, se seleccionó una colonia confirmada como *Pseudomonas* sp., que demostró capacidad degradadora de petróleo crudo. Se inmovilizó en una matriz de carbón activado por un periodo de 56 h, formando así el biosoporte. Se realizó un ensayo de

biorremediación de crudo mezcla al 2% v/v durante 6 semanas. Se concluyó, con 95% de confianza, que el tratamiento de *Pseudomonas* sp. inmovilizada en carbón activado es más eficiente frente al estado suspendido, en 45.7 %, 50.8 % y 38.7 % para la degradación de TPH Totales, F2 y F3, respectivamente. Asimismo, se observó la formación de aglomerados que podrían aperturar una nueva línea de investigación.

Keywords: bioremediation, hydrocarbons, bacteria, immobilization, biocarrier.

## ABSTRACT

The contamination of waters by crude oil affects the ecosystem balance, contributes to the formation of environmental liabilities and puts at risk the quality of life of the populations dependent on the damaged resources. Numerous studies point to *Pseudomonas* spp. as hydrocarbon degrading microorganisms, but sensitive to sudden environmental changes and with possible loss of biomass with the flow of water, impairing the progress of the treatment. In this sense, this research was developed hoping that the elaboration of a biosupport of activated carbon and *Pseudomonas* sp. contribute to solving said problems; thus, increasing the efficiency of treatment of water contaminated with crude oil.

For this, samples were taken from the industrial wastewater treatment plant of a Peruvian oil refinery. Six bacterial colonies were isolated and due to cultural characteristics and biochemical tests, a confirmed colony was selected as *Pseudomonas* sp., which demonstrated the ability to degrade crude oil. It was immobilized in an activated carbon matrix for a period of 56 h, thus forming the biosupport. A bioremediation trial of crude mixture at 2% v/v was carried out during six weeks. It was concluded, with 95% confidence, that the treatment of *Pseudomonas* sp. immobilized in activated carbon is more efficient compared to the suspended state, for the degradation of TPH in 45.7%, 50.8% and 38.7% for the degradation of TPH in 45.7%, 50.8%

and 38.7% in Totals, F2 and F3, respectively. Likewise, the formation of conglomerates that could open a new line of research was observed.

## INTRODUCCIÓN

El petróleo crudo es la tercera fuente de energía más importante en el mundo (Enerdata, 2021). Se trata de una mezcla heterogénea de sustancias hidrocarbonadas con propiedades complejas (Reyes-Reyes et al., 2018), cuya composición específica es variada y depende de cada yacimiento (García et al., 2010). En el Perú son más frecuentes los yacimientos de crudo pesado (Verano, 2021) y para facilitar su transporte y procesamiento, son mezclados con fracciones ligeras, generando el denominado crudo mezcla (García et al., 2010).

Por ello, las actividades de descontaminación de derrames, al enfrentarse a crudos mezcla y no a tipos específicos de crudo, requieren estrategias que satisfagan eficientemente su complejidad, más aun cuando se trata de derrames en hidrósfera por su facilidad de dispersión de contaminantes. En el Perú, entre los años 2000 y 2019, se han registrado más de 474 derrames en lotes petroleros de la Amazonía y el Oleoducto Nor Peruano (León & Zúñiga, 2020). Así, se ha afectado a más de siete ríos, entre ellos: Río Tigre, Corrientes, Marañón, Chiriaco, Rojo, Cuninico, y Morona (Autoridad Nacional del Agua, 2019).

Los derrames de petróleo perjudican el estilo de vida de las poblaciones que dependen de los recursos naturales, puesto que por sus características físicas y toxicológicas impactan de forma negativa y compleja al ecosistema (Hodson et al., 2011). Ensayos ecotoxicológicos con especies bioindicadoras como *Daphnia magna* han demostrado que incluso 0.1% de petróleo en agua, genera alternaciones en organismos acuáticos (Fernández, 2021). En términos generales, el crudo de petróleo es capaz de ocasionar cambios bioquímicos, fisiológicos y de comportamiento en organismos expuestos (Hodson et al., 2011).