



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Biorremediación de suelos contaminados con aceite residual de
talleres automotrices: Revisión sistemática, 2022**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Ambiental

AUTOR:

Bustamante Velarde, Adderson Edward (orcid.org/0000-0003-4242-0727)

ASESOR:

MSc. Quijano Pacheco, Wilber Samuel (orcid.org/0000-0001-7889-7928)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA – PERÚ

2022

Dedicatoria

A Dios por guiarme y bendecir mi vida.

A la memoria de mis padres Jose Bustamante y Agripina Velarde, por la formación de mi persona y con la bendición de ellos quienes me protegen y guían desde el cielo, por el buen camino hasta alcanzar el logro anhelado.

Agradecimiento

A Isabel Bustamante, mi hermana, por su apoyo incondicional.

A Miluska Monzón, mi esposa por haberme dado las fuerzas para continuar y lograr esta meta anhelada.

A mi asesor de tesis MSc. Wilber Samuel Quijano Pacheco, por la paciencia, consejos y orientación en la elaboración de mi tesis.

A la universidad Cesar Vallejo, por acogerme y brindarme la oportunidad de titularme como Ingeniero Ambiental.

Índice de contenidos

Carátula	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras.....	vi
Índice de abreviaturas.....	vii
Resumen	viii
Abstract.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA.....	13
3.1. Tipo y diseño de investigación	14
3.2. Categorías, sub categorías y matriz de categorización apriorística	14
3.3. Escenario de estudio.....	16
3.4. Participantes	16
3.5. Técnicas e Instrumento de recolección de datos.....	16
3.6. Procedimientos	17
3.7. Rigor científico	18
3.8. Método de análisis de datos.....	19
3.9. Aspectos éticos.....	19
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	21
V. CONCLUSIONES	37
VI. RECOMENDACIONES.....	39
REFERENCIAS	41
ANEXOS.....	52

Índice de Tablas

Tabla 1: Matriz de categorización apriorística.....	15
Tabla 2: Base de datos.....	16
Tabla 3: Microorganismos usados en la biorremediación.	22
Tabla 4: Microorganismos más usados por cada investigador.....	26
Tabla 5: Tiempo de Biorremediación de suelos contaminados con aceite.	27
Tabla 6: Microorganismos más usados de acuerdo al tiempo de tratamiento.	31
Tabla 7: Biorremediación al aceite residual de talleres automotrices.	32
Tabla 8: Microorganismos más usados de acuerdo a su eficiencia.	36

Índice de figuras

Figura 1: Aceites expuestos en el suelo en talleres mecánicos	12
Figura 2: Diagrama de flujo de los artículos utilizados.....	18
Figura 3: Tiempo usado por los microorganismos en degradar aceites.....	30

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la biorremediación de suelos contaminados con aceite residual de talleres automotrices, 2022. Es aplicada, de enfoque cualitativo de diseño narrativo, se basó en la recolección de análisis documental, en interpretaciones de artículos y revistas indexadas que sean mayor de 5 años. En los resultados de la investigación se determinó 19 tipos de microorganismos utilizados y son los siguientes, *Pseudomona Aeruginosa*, *Acinetobacter haemolyticus*, *Micrococcus luteus*, *Enterococcus faecalis*, *Bacillus subtilis*, *Proteus vulgaris*, *Shigella flexneri*, *Serratia marcescens*, *Serratia sp*, *Brevibacterium*, *Proteus mirabilis*, *Penicillium expansum*, *Cladosporium resinae*, *Candida*, *Staphylococcus*, *Enterobacter*, *Yersinia*, *Lysinibacillus sphaericus* y *Citrobacter sp*, de los cuales 3 tuvieron una eficiencia alta en degradación de aceite residual, estas son, *Pseudomona aeruginosa*, *Acinetobacter* y *Bacillus sp*, en un rango de porcentajes desde 84.6% a 94%, durante 15 a 28 días promedio de evaluación, también se identificó que los microorganismos *Enterococcus faecalis*, *Bacillus subtilis*, *Penicillium expansum*, *Cladosporium resinae*, *Aeruginosa*, *Micrococcus luteus*,. *Micrococcus luteus*, *Enterococcus faecalis* trabajan en un tiempo de 10 a 180 días respectivamente usado por cada investigador, logrando una mayor remoción en cuanto a los porcentajes de 48% al 90% del total de aceites acumulados en los suelos de los talleres mecánicos.

Palabras clave: Biorremediación, microorganismos, Aceite residual, Suelo

Abstract

The objective of this research was to evaluate the bioremediation of soils contaminated with residual oil from automotive workshops, 2022. It is applied, with a qualitative approach of narrative design, based on the collection of documentary analysis, on interpretations of articles and indexed magazines that are greater 5 years. In the results of the investigation, 19 types of microorganisms were determined and they are the following: *Pseudomonas Aeruginosa*, *Acinetobacter haemolyticus*, *Micrococcus luteus*, *Enterococcus faecalis*, *Bacillus subtilis*, *Proteus vulgaris*, *Shigella flexneri*, *Serratia marcescens*, *Serratia sp*, *Brevibacterium*, *Proteus mirabilis*, *Penicillium expansum*, *Cladosporium resinae*, *Candida*, *Staphylococcus*, *Enterobacter*, *Yersinia*, *Lysinibacillus sphaericus* and *Citrobacter sp*, of which 3 had a high efficiency in residual oil degradation, these are *Pseudomonas aeruginosa*, *Acinetobacter* and *Bacillus sp*, in a range of percentages. from 84.6% to 94%, during an average of 15 to 28 days of evaluation, the microorganisms *Enterococcus faecalis*, *Bacillus subtilis*, *Penicillium expansum*, *Cladosporium resinae*, *Aeruginosa*, *Micrococcus luteus*, were also identified. *Micrococcus luteus*, *Enterococcus faecalis* work in a time of 10 to 180 days respectively used by each researcher, achieving a greater removal in terms of percentages of 48% to 90% of the total accumulated oils in the floors of the mechanical workshops.

Keywords: Bioremediation, microorganisms, Residual Oil, Soil

I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, los derrames de aceite de motor usado causaron al suelo severos problemas durante décadas, ya que el aceite del automóvil y maquinaria industrial es uno de los residuos más contaminante del planeta, angustiendo a la población mundial (Ali et al., 2019). Por lo tanto, estos aceites se deterioran durante el uso y generan residuos como metales pesados entre otras sustancias tóxicas, cuando estos se exponen a alta temperatura y presión en los motores, máquinas o procesos en los que son utilizados (Akubuenyi et al., 2019).

En Perú, a medida que crece la población, el comercio y la industria aumentan, la demanda de materias primas y producen residuos que ponen en peligro al ambiente y la salud de los seres humanos expuestos en las áreas afectadas (Cabrejos y Sipión, 2019). En muchas industrias y negocios existen aspectos ambientales que son informales y mal manejados por la falta de alternativas técnicas para su tratamiento, generando serios problemas de contaminación mediante la producción de lubricantes usados (Bustos et al., 2018).

El manejo inadecuado de los aceites usados, junto al poco conocimiento ambiental y cultural por parte del trabajador y contratistas carecen de habilidades para almacenar, recolectar y reusar los dichos aceites, que están contaminando a la tierra, a los recursos hídricos y al agua subterránea, porque producen una capa impenetrable que afecta a las especies acuáticas que allí habitan y la contaminación del aire, provocando problemas al deterioro de los ecosistemas debido a la presencia de plomo, fosforo, azufre, cloro, etc. (Collins et al., 2018).

Debido a esto, existe gran preocupación por la generación actual y futura, donde diversos científicos e investigadores están dedicando a crear y promover la biotecnología o técnicas ecológicas para remediar suelos contaminados, siendo la biorremediación (Chebbi et al., 2018). Esta técnica utiliza microorganismos que habitan en el suelo y subsuelo, además estimula la degradación de los aceites y grasas volviéndolos menos tóxicos, evitando la propagación de la contaminación en los recursos ecosistemáticos (Bhurgri et al., 2018)

Los estudios realizados por diversos investigadores determinan que microorganismos como *Pseudomona aeruginosa*, *Acinetobacter*, *Micrococcus*, entre otros son muy eficaces para remover aceite residual y mitigar los impactos negativos que causan al ambiente este tipo de derrame. Así también como hay diferentes informaciones acerca del uso de microorganismos para degradar o

remediar suelos con el derrame de estos aceites residuales se ha visto la necesidad de poder sistematizar estos resultados y lograr que estos datos lo puedan utilizar otros investigadores para futuros trabajos de investigación

Por lo detallado anteriormente, se determina el problema general: ¿Cómo es la biorremediación de suelos contaminados con aceite residual de talleres automotrices? Seguido de los problemas específicos: ¿Cuáles son los microorganismos usados en la Biorremediación de suelos contaminados con aceite residual de talleres automotrices?; ¿Cuál es el tiempo utilizado para la biorremediación de suelos contaminados con aceite residual de talleres automotrices?, ¿Cuál es la eficiencia de la biorremediación de suelos contaminados con aceite residual de talleres automotrices?

La Justificación Social, se determinó los tipos de microorganismos que en un tiempo corto pueden degradar la contaminación producida por aceite residual de motor y de alguna manera ayudar a la población a recuperar su suelo. La Justificación Económica, se puede determinar fácilmente estos microorganismos mediante una técnica adecuada la cual permita su utilización para procesos de biorremediación, además que puede ser replicada ya que representa un menor costo para su elaboración y aplicación. La Justificación Metodológica se realizó recopilación de información fidedigna de revistas y artículos científicos de alta relevancia para luego ser analizados e interpretados y para que otros investigadores puedan ver sobre el severo problema que ocasiona el derrame de aceite. La Justificación Ambiental basada en la remediación de la tierra contaminada con aceite residual de talleres automotrices, para el cual se utilizó la biotecnología, tal es el caso de los microorganismos que tendrán la función de remover contaminantes, que el suelo vuelva a su estado natural y evitar que los aceites sigan dañando al suelo.

Seguidamente se formula el objetivo general: Evaluar la biorremediación de suelos contaminados con aceite residual de talleres automotrices, 2022. Seguido de los objetivos específicos: Identificar los microorganismos que se utilizarán para la biorremediación de suelos contaminados con aceite residual de talleres automotrices; Determinar el tiempo utilizado para la biorremediación de suelos contaminados con aceite residual de talleres automotrices; Determinar la eficiencia de la biorremediación de suelos contaminados con aceite residual de talleres automotrices.

II. MARCO TEÓRICO

Ogbeh et al (2018). Tuvo como objetivo realizar un estudio básico acerca de los nutrientes necesarios para la biorremediación del suelo contaminado por residuos de aceites de los motores gastados utilizando el diseño Box-Behnken. El artículo de investigación fue un diseño experimental, porque evaluaron la efectividad de los microorganismos sobre los aceites. El fruto de este estudio arrojó los siguientes valores 66,92 y 52,65%-peso seco como eliminación de TPH y mejora de TSP. Concluyo que la mejora con nutrientes ayuda a que se produzca una excelente biorremediación en suelos contaminados.

Atiku et al (2018), tuvo como objetivo realizar un estudio de biorremediación del suelo contaminado por aceites usados en los motores, mediante una combinación entre estiércol de vaca y cama de aves. Emplearon un diseño de experimento de Box-Behnken. Los resultados que obtuvieron después de ocho semanas de biorremediación, fue la eficiencia de degradación en todos los microcosmos (S1 a S14) varió entre 67.74 a 89.58%, excepto del control modificado con agua (S14) con 35,29%. Quedando comprobado la respuesta de biorremediación de suelos en 89,58% y la eficiencia bioestimulante de 60,40%. Concluyendo según la investigación la aplicación de estiércol animal como estimulantes en biorremediar suelos contaminados con aceites.

Ashish et al (2018). Utilizó la cepa adaptativa *C. tropicalis* MTCC230 para establecer su capacidad en MEOR. El biosurfactante producido a partir de una cepa adaptativa *C. tropicalis* MTCC230 se distinguió como lipopéptido surfactina mediante IR cercano, espectro FTIR y HPLC y análisis de espectroscopia de masas. Resultando la reducción significativa de la tensión superficial de 72 mN/m a 32 mN/m, con una concentración micelar crítica (CMC) de 32,5 mg/l y *B. subtilis* MTCC2423 utilizado como cepa productora de surfactina (biosurfactante) estándar para estudios comparativos. Se concluyó que este método de aceite y el análisis de lavado del suelo confirmaron su capacidad para eliminar los contaminantes de hidrocarburos en agua y suelo.

Abdulyekeen, et al (2018). Realizó y comparó el potencial de biorremediación con residuos de los estiércoles de caballo, elefante y burro y su combinación etiquetados M2, M3, M4 y M5 de manera correspondiente, para la biorremediación de la tierra contaminada. Los resultados demostraron una relación positiva entre la tasa de reducción de los aceites de motor usado (UMO) y la presencia de estiércol

de caballo, elefante y burro en todos los microcosmos. Concluyendo que los resultados de la biorremediación y el modelado cinético, mostró que el potencial de biorremediación de los excrementos animales como estimulantes está en el pedido M3> M2> M4> M5.

Yerima. (2020). La finalidad fue determinar los efectos biorremediadores de los microorganismos específicos del aceite de motor usado. separando el potencial de tres microorganismos (*Pseudomonas*, *Streptococcus* y *Bacillus* sp) de suelos contaminados con hidrocarburos y se examinó la capacidad de biodegradación. Se analizó la tasa de biodegradación del aceite de motor en las muestras de suelo expuestas a aceite de motor usado con diferentes tasas de exposición de 5, 10, 15 y 20 años durante un período de tres (3) semanas, bajo un ensayo de invernadero. Todos estos microorganismos empleados en el estudio probaron su capacidad de remediar el suelo mostrando al aceite de motor usado y las evidencias de suelo remediadas pudieron sustentar el crecimiento del maíz (*Zea mays*) después de 10 años de crecimiento efectivo.

Pasaye, et al (2020), El propósito de este trabajo fue BIS de suelo contaminado con 17000 ppm de ARA por enriquecimiento independiente: solución mineral (SM), lombricomposta (LC), y *P. vulgaris* o abono verde (AV). La recuperación del suelo se determinó mediante las emisiones de CO₂ de la oxidación de ARA, las emisiones de CO₂ de la población bacteriana oxidante de ARA (BOARA) y la concentración de ARA de Soxley, y los datos experimentales se analizaron con el error estándar de Tukey. Los resultados mostraron que el BIS en suelo afectado por 17000 ppmARA en SM disminuyó a 4386 ppm en LC, en comparación con 3766 ppm en 6 meses, ambos números inferiores al máximo aceptado por la NOM. 13, pág. Es estadísticamente diferente de 8596 ppm en suelo bioestimulado por *vulgaris* o AV y 16000 ppm ARA en suelo sin bioestimulación o control negativo. Se concluye que BIS es específico dependiendo de la complejidad de HC como LC con ARA y NOM-138 eliminados en SM para restauración de la fertilidad del suelo.

Nyino, et al (2021). Determinó los efectos bioestimuladores del sustrato gastado de *Pleurotus ostreatus* en biorremediación de suelos contaminados con aceite de motor gastado. Se mezclaron cantidades fijas de muestras de suelo de 100 g con cantidades variables de *P. ostreatus* sustrato gastado (15, 15, 30 y 60 g) para el control y Tratamientos (T) 1-3. Alícuotas de 0, 75, 150 y se introdujeron 300 ml de

agua en los tratamientos para garantizar la mayor reducción posible en el total hidrocarburo de petróleo (TPH). Se determinó que el total inicial de hidrocarburos de petróleo (TPH) de la muestra de suelo contaminada con aceite de motor gastado era ser 3784 pero disminuyó a 3064, 2286,33, 2091,67, 1227,33 y 382 mg/kg para el Control, T1, T2, T3 y T4 respectivamente. Concluyendo que este estudio valida el uso del sustrato usado de *Pleurotus ostreatus* como agente para mejorar el suelo salud, y como fuente de nutrientes minerales para microorganismos que utilizan hidrocarburos.

Oshoma et al (2019). Este estudio tuvo como objetivo investigar el efecto de la suplementación con fosfato de roca en la degradación bacteriana del medio contaminado con petróleo crudo. Se aislaron especies de bacterias del suelo contaminado en talleres mecánicos y se analizaron sus potenciales de degradación de hidrocarburos utilizando procedimientos microbiológicos estándar. El resultado de la degradación mostró que la carga bacteriana más alta y el contenido de fósforo disponible fueron del medio de sal mineral de petróleo crudo de fosfato de roca (RCMSM) y el consorcio con valores de 16.69 ± 0.40 ufc/mL y 14.97 ± 0.03 mg/L respectivamente en el día 16. Los valores más bajos $6,00 \pm 0,19$ ufc/ml y $0,71 \pm 0,06$ mg/l procedían de aceite crudo Mineral Salt Medium (CMSM) *P. fluorescens* y CMSM consortium respectivamente.

Curassi & Luque (2019). El objetivo de este estudio fue comparar la efectividad de tres bioestimulantes (compost, vermicompost y abono verde) en suelos contaminados con aceite de automóvil usado. Se construyeron por separado perfiles biológicos (30 x 25 x 15 cm) que contenían 80% y 20% de bioestimuladores. Los resultados de pH mostraron un incremento de 13,7%, 20,2% y 8,5% en abono verde, vermicomposta y compost, respectivamente. Asimismo, la CE aumentó un 19,3% (abonos verdes), un 15,68% (vermicompost) y un 8,2% (compost). Por el contrario, el volumen de campo disminuyó en cultivos cubiertos (9,1 %), vermicompost (8,92 %) y compost (7%). De acuerdo con los resultados obtenidos se concluye que los parámetros analíticos son efectivos para la biorremediación de suelos contaminados por aceite de automotriz.

Flores et al (2019), el objetivo fue utilizar un consorcio de microbios comedores de aceite (*Rodhococcus pyridinivorans*, *Pseudomonas montielli* y *Bacillus sp.*) para evaluar la biodegradabilidad de muestras de lubricantes automotrices

encapsuladas en arcilla de bentonita. Realizaron dos pruebas experimentales por un consorcio bacteriano en un biorreactor de 5 litros para lograr el máximo rendimiento en la biodegradación de aceite (reducción de hidrocarburos totales de petróleo en arcilla), rendimientos menores al 2% y 50%. La segunda prueba muestra una reducción del suelo contaminado en un 5% y 42%. Podemos concluir que se ha logrado una reducción del 50% en los hidrocarburos totales del petróleo. Esto puede afectar la eliminación de impurezas en el suelo y proteger el medio ambiente.

Chirre et al (2021), el mejor proceso para realizar un proceso de biorremediación de arcillas bentoníticas contaminadas con aceites de los motores usados que producen CO₂, agua y biomasa utilizando un consorcio de microbacterias comedoras de aceite (*Rodococcus*, *Pseudomonas*, *Bacillus*). Realizaron varias pruebas experimentales con los mejores resultados bajo las siguientes condiciones de operación del proceso: T = 35 °C, pH = 7.0, agitación mecánica = 120 rpm, arcilla contaminada 1 (ton). Diluir con agua (agua) en una proporción de 3, determinaron el rendimiento de biodegradación del 50% al 57% de los hidrocarburos de petróleo totales. Considerando que el blanqueo de arcillas contaminadas tipo bentonita utilizadas para el blanqueo o los aceites multigrados utilizados se comportan como suelos arcillosos contaminados con hidrocarburos, concluimos que la biorremediación puede ser utilizada como proceso de recuperación de los mismos. Cabrejos & Sipión (2019), El propósito de este estudio fue determinar el efecto de tres consorcios microbianos aeróbicos en la biorremediación de suelos contaminados con ARA en Chiclayo. Utilizando estos tres consorcios, se utilizó la biorremediación del suelo contaminado con cinco tratamientos (atenuación natural (T1), fertilizante N:P (T2) y consorcio microbiano + N:P (T3 a T5)), comparados en una prueba completamente aleatoria. proceso. Como resultado, la concentración inicial de grasas y aceites en el suelo (32.119 mgkg⁻¹) disminuyó a 4.430 mgkg⁻¹ en T4, alcanzando una eficiencia de biorremediación del 86,21%. Se concluyó que tres consorcios microbianos aerobios aceleraron y mejoraron la biorremediación del suelo contaminado con ARA y alcanzaron niveles bajos de toxicidad para las plantas después de 90 días con los consorcios microbianos T7 y T14.

De acuerdo a las teorías relacionadas al trabajo, tenemos al suelo contaminado, porque en sus propiedades se ven afectadas negativamente por la presencia de

sustancias químicas peligrosas de origen humano, en concentraciones que presentan riesgos inaceptables para la salud humana y el medio ambiente. Cuando hablamos de suelo contaminado, nos referimos al suelo con mala composición ecológica. La basura es otro problema y es probablemente la causa principal de la contaminación del suelo. Si no se controlan, tienen diferentes propiedades físicas, químicas y biológicas y sufren diversas transformaciones naturales para formar contaminantes primarios y secundarios (Díaz, Walter – 2016)

La biorremediación es una técnica para purificar suelos contaminados de una forma muy práctica porque utiliza los mismos microorganismos que viven en el suelo y subsuelo (Ebele et al., 2018). La biorremediación permite reducir o eliminar residuos potencialmente peligrosos en el medio ambiente, por lo que su alcance es muy amplio y cada residuo puede ser considerado como un estado agregado de remediación, por lo que puede ser utilizado para depurar suelos o aguas contaminadas. Es decir, sólidos (suelo o sedimento) o lodos directos, residuos, etc. Aguas líquidas, superficiales, subterráneas y residuales. Y gas de emisiones industriales (Errington et al. 2018)

Los tipos de biorremediación utilizan las características de los organismos ya presentes en el suelo o cuerpo de agua a tratar, para estrategias como la bioestimulación para adaptar las condiciones ambientales para promover su desarrollo y consecuente degradación de los contaminantes (Hambali et al., 2021). La bioaugmentación introduce organismos capaces de degradar compuestos en un ambiente contaminado. Su objetivo es optimizar el proceso de reparación (Muhammad et al., 2019).

Dependiendo de dónde se realice la biorremediación, se considera que la biorremediación in situ se realiza en el lugar exacto donde se presenta la contaminación, sin necesidad de mover el sustrato. Se usa comúnmente cuando grandes cantidades de agua o suelo están involucradas en la contaminación (Nogueira et al., 2020).

La biorremediación fuera de la habitación es una técnica en la que el agua y el suelo contaminados se recolectan y procesan en una instalación dedicada para ese propósito. A diferencia de la anterior, esta técnica se utiliza en pequeñas cantidades (Sharma et al., 2022).

Según los organismos utilizados para la biorremediación a la degradación enzimática, esta técnica se refiere al uso exclusivo de enzimas para reparar ambientes contaminados (Soumeya et al., 2022).

Biorremediación de microorganismos, implica el uso de bacterias y hongos para limpiar el área contaminada. Se buscan especies capaces de metabolizar compuestos contaminantes (Soumeya et al., 2022). Fitorremediación es realizada solo por plantas y existen diferentes tipos, dependiendo de la calidad de la planta. Algunos pueden degradar el compuesto, mientras que otros lo fijan en las hojas (Soumeya et al., 2022).

Los microorganismos del suelo son entidades que afectan diferentes aspectos del suelo y cada uno realiza actividades diferentes. De particular interés son los microorganismos involucrados en la descomposición de la materia orgánica y la circulación de nutrientes. Los microbios del suelo a menudo se consideran herramientas para el manejo del suelo y fitonutrientes porque pueden determinar la disponibilidad de nutrientes (Younus et al., 2020).

La actividad microbiana en el suelo es muy diversa y forma parte del ciclo biogeoquímico de varios elementos (incluidos C, N, O, P y S). Las actividades específicas en el suelo incluyen descomposición de materia orgánica y materia orgánica añadida, fijación de N₂ en la atmósfera, descomposición de minerales primarios, mineralización de N orgánico (vitrificación), solubilización de P, oxidación de S, producción de antibióticos Mejora la absorción de nutrientes por las plantas, protección de plantas de patógenos, descomposición de contaminantes (biorremediación) (Yang et al., 2020)

Los tipos de microorganismos usados en los suelos contaminados por aceites y grasas son aquellos como:

Las bacterias se encuentran en casi todos los rincones de la Tierra, incluido el interior de los organismos vivos, y también se encuentran en los llamados microorganismos endolíticos a profundidades de 3 km y por encima de la corteza terrestre. Se come los minerales circundantes (Robichaud et al., 2019).

Hasta hace poco, se pensaba que las arqueas eran especies diferentes de bacterias, pero el análisis genético mostró que estos organismos procariotas se diferencian de las bacterias de la misma manera que los eucariotas con un núcleo

genético. Las arqueas tienen una morfología similar a las bacterias, pero su metabolismo es muy diferente al de las bacterias (Okpashi et al., 2021).

Las microalgas, a diferencia de las plantas, los animales y los hongos, se consideran procariotas y eucariotas con núcleos celulares que contienen material genético. Las microalgas pueden ser multicelulares o unicelulares, pero todas son fotosintéticas (Nwakanma et al., 2018). Su papel en el ecosistema fúngico es principalmente el de descomponer la materia orgánica, pero como en el caso de patógenos como la *Candida albicans*, causante de la candidiasis, pueden, por ejemplo, realizar una función simbiótica con las algas para formar la tiña, formando parásitos (Musa et al., 2019).

Los protozoos se consideran eucariotas no relacionados con protozoos, plantas, animales u hongos. Representan la base de la cadena alimentaria en muchos entornos que dependen de su presencia para sobrevivir en su entorno (Abdulkarim et al., 2019).

El aceite de automoción usado es un material altamente contaminado y requiere una gestión responsable (Adeditun et al., 2019). Estos pueden causar daños ambientales cuando se descargan en el suelo o en las vías fluviales, incluidas las alcantarillas (Bustos et al., 2018). Esto puede conducir a la contaminación de las aguas subterráneas y del suelo. Los lubricantes usados contienen diversos compuestos como metales pesados (cromo, cadmio, arsénico, plomo, etc.), hidrocarburos aromáticos policíclicos, benceno y, en algunos casos, disolventes a base de cloro, PCB, etc. Estos compuestos tienen un impacto directo en la salud humana y algunos de estos productos son cancerígenos (Adeyi et al., 2018).



Figura 1: Aceites expuestos en el suelo en talleres mecánicos

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación: aplicada, según Murillo. (2008), la investigación aplicada recibe el nombre de “investigación práctica o empírica”, que se caracteriza porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos adquiridos, a la vez que se adquieren otros, después de implementar y sistematizar la práctica basada en investigación.

Es de enfoque cualitativo y diseño narrativo, porque brinda ante todo una idea, ya que se basa en el estudio de la experiencia como historia. Así mismo, el diseño narrativo como metodología supone una visión del fenómeno. Además, la recopilación de información se basará de estudios más relevantes o estudios realizados alrededor del mundo (Blanco Mercedes, 2011)

3.2. Categorías, sub-categorías y matriz de categorización apriorística

Tabla 1:

Matriz de categorización apriorística.

Título: Biorremediación de suelos contaminados con aceite residual de talleres automotrices: Revisión Sistemática, 2022				
Objetivo específico	Problema específico	Categoría	subcategoría	Referencias
Identificar los microorganismos que se utilizarán para la biorremediación de suelos contaminados con aceite residual de talleres automotrices.	¿Cuáles son los microorganismos usados en la Biorremediación de suelos contaminados con aceite residual de talleres automotrices?	Tipos de Microorganismos	<ul style="list-style-type: none"> • <i>C. Tropicalis</i> • <i>B. subtilis</i> • <i>Pseudomonas</i> • <i>Streptococcus</i> • <i>Bacillus sp</i> • <i>P. vulgaris</i> • <i>Rodhococus</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Gabriel et al. 2018 • Ashish & Mira 2018 • Yerima et al. 2020
Determinar el tiempo utilizado para la biorremediación de suelos contaminados con aceite residual de talleres automotrices	¿Cuál es el tiempo utilizado para la biorremediación de suelos contaminados con aceite residual de talleres automotrices?	Tiempo de Biorremediación	<ul style="list-style-type: none"> • 1-30 días • 1-45 días • 1-60 días • 1-90 días 	<ul style="list-style-type: none"> • Pasaye et al. 2020 • Atiku et al. 2018 • Abdulyekeen et al 2018
Determinar la eficiencia de la biorremediación de suelos contaminados con aceite residual de talleres automotrices.	¿Cuál es la eficiencia de la biorremediación de suelos contaminados con aceite residual de talleres automotrices?	Eficiencia de biorremediación	<ul style="list-style-type: none"> • Porcentaje (%) de biorremediación de aceites 	<ul style="list-style-type: none"> • Oshoma et al. 2019 • Chirre Jaqueline et al. 2021

3.3. Escenario de estudio

Al tratarse de un estudio de diseño de relatos, no existen escenarios de investigación o de estudio; y se recopiló información de revistas y tratados científicos marcados o diferenciados de otros estudios y estudios a nivel internacional y adoptados como escenarios de investigación se tiene en cuenta al instituto o campo de estudio en el que el autor ejecutó la investigación.

3.4. Participantes

En el desarrollo de este proyecto de investigación los participantes fueron las páginas webs de donde extrajimos información de diversas literaturas del mundo científico relacionadas a nuestro proyecto, estas páginas fueron: ScienceDirect, MDPI y Taylor & Francis Online.

Tabla 2:

Base de datos

ITEM	BASE DE DATOS	DIRECCIÓN
1	Science Direct	https://www.sciencedirect.com/
2	MDPI	https://www.mdpi.com/
3	Taylor & Francis Online	https://www.tandfonline.com/

3.5. Técnicas e Instrumento de recolección de datos

Las técnicas que se usaron en esta investigación fueron la Observación Directa y el Análisis Documental.

Observaciones Indirectas: La información importante encontrada durante el proceso de recuperación de información que desea tener siempre a mano se refleja por escrito (Amy Castro – 2012)

Análisis Documental: Se trata de una serie de operaciones encaminadas a mostrar un documento y su contenido en un formato diferente al formato

original para que puedan ser recuperados e identificados posteriormente (Castillo, Lourdes – 2005).

El instrumento de recolección de datos fue una ficha resumen de cada autor encontrado de acuerdo con el tema que sea propuesto, el cual se encuentra en el anexo 6.

3.6. Procedimientos

El Procedimiento del proyecto de investigación se dio en 3 etapas, la cual fueron esenciales para la recopilación de información, donde se extrajeron de manera secuencial, ordenada, objetiva y sistematizada. Se utilizaron fuentes como: ScienceDirect, MDPI, Taylor & Francis Online. Para ello cada base de datos se utilizó palabras claves como en español e inglés.

Etapa 1: Comprende la búsqueda de información de diversos artículos nacionales e internacionales relacionados con nuestro tema de investigación, para ello se utilizaron palabras clave como: Bioremediation, Soil contaminated with residual oil, microorganisms, bioremediation efficiency y removal time, de las cuales se logró identificar 56 artículos en ScienceDirect, 30 artículos en Springer Link y 10 artículos en MDPI, teniendo un total de 96 artículos recopilados.

Etapa 2: Comprende la selección artículos, esto se basó en recopilar artículos con antigüedad de 5 años, comprendidos entre los años 2018 al 2022, del cual gran parte de ellos estaban en el idioma inglés y español, rescatando un total de 76 artículos.

Etapa 3: Comprende el análisis final de cada artículo, para ello seleccionó artículos directamente relacionados con nuestro tema de investigación utilizando solo 40 artículos para la elaboración de este estudio.

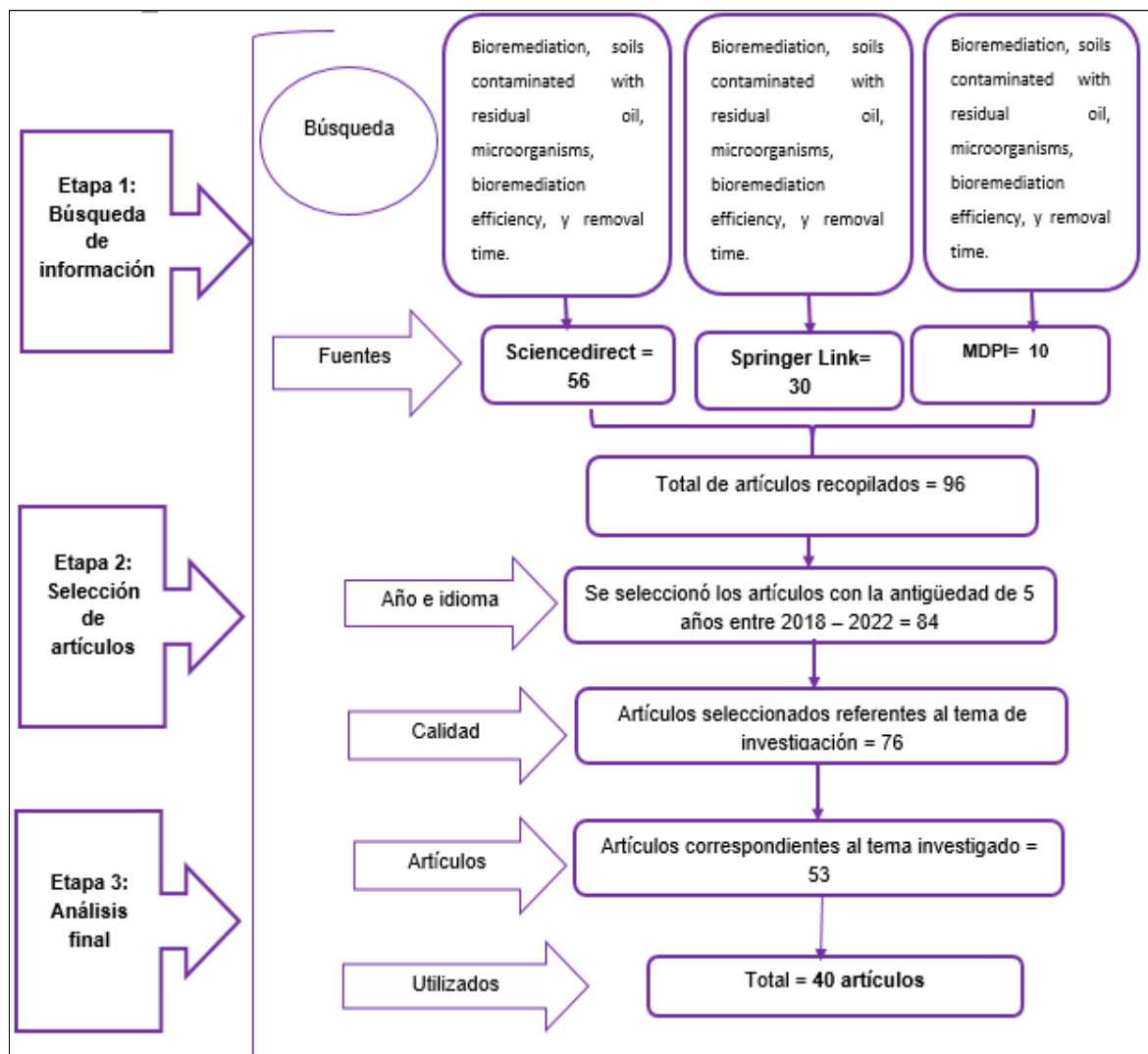


Figura 2: Diagrama de flujo de los artículos utilizados

3.7. Rigor Científico

Este aspecto implica una manera controlada de la planificación, el desarrollo y el análisis de la investigación. Los artículos mencionados se basan en explicaciones hipotéticas proporcionadas por los autores de las revistas indexadas y la investigación se describe como confiable, muy precisa, informativa y positiva.

Credibilidad: Incluye evaluar situaciones en las que la investigación se considera creíble. Por esta razón, es imperativo buscar discusiones creíbles que puedan sustentarse en los resultados de las encuestas realizadas de acuerdo con el proceso que sigue a la encuesta (Suárez, Martín 2007). El

cual en base a la investigación los resultados fueron extraídos y discutidos de acuerdo a los datos obtenidos por el investigador.

Aplicabilidad: Los resultados del estudio no son transferibles ni aplicables a otros contextos y/o áreas de actuación. Este es un criterio plenamente consensuado dada la naturaleza social y compleja del fenómeno estudiado (Suárez, Martín 2007). Los resultados del trabajo de investigación serán demostrados tal como se encontraron en los informes usados, sin adulterar lo investigado.

Dependencia: Este criterio indica el grado de consistencia o estabilidad entre los resultados del estudio y los resultados (Suárez, Martín 2007). En tal sentido los resultados establecidos en la investigación serán referenciados y consistentes al trabajo.

Conformabilidad: No se elude el grado de participación del investigador en el estudio. En cualquier caso, si los datos no están sesgados ni tienen capacidad de respuesta, el proceso de investigación, que es producto de la información arrojada por el equipo aplicado, está bien garantizado.

Manipulación de carácter personal (Suárez, Martín 2007), Los datos establecidos de los artículos utilizados fueron sintetizados de acuerdo a los investigadores.

3.8. Método de Análisis

Se utilizo como método de análisis una estadística descriptiva de la evidencia en un documento ya creado. Esto le permite compilar, adjuntar, catalogar, contrastar o interpretar el porcentaje de conjuntos de datos recopilados, mediante la elaboración de tablas y figuras en el programa Microsoft Excel y para la elaboración del proyecto en el programa Microsoft Word.

3.9. Aspectos éticos

Los aspectos éticos a los que se adhiere un proyecto de investigación son: Cumplimiento de la normativa vigente de la Universidad Cesar Vallejo, Resolución Presidencial 0089-2019. Uso estricto de las guías de referencia de estilo ISO 690 La calidad de este documento del programa Turnitin

demuestra la credibilidad del trabajo presentado. El valor social o científico debe ser, entre otras cosas, un requisito ético para manejar responsablemente los recursos limitados (trabajo, dinero, espacio, tiempo) y evitar la explotación. Esto asegura que las personas no estén expuestas a riesgos o ataques sin el potencial de beneficio personal o social. (González, Manuel – 2010) Respetar el tema significa varias cosas. Permitirles cambiar de opinión, decidir que la investigación no es adecuada a sus intereses y conveniencias, y poder retirarse sin sanciones. Confidencialidad Explícita Confidencialidad cuando se trata de información que debe ser respetada por las normas. La nueva información relevante obtenida durante el curso del estudio debe ser revelada a los sujetos inscritos. (González, Manuel-2010)

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con el desarrollo de la investigación con la búsqueda de cuales fueron los microorganismos más usados en la biorremediación, el tiempo y la eficiencia quedo a detalle en las tablas 3, 4, 5, 6, 7 y 8 especificado según su categoría de evaluación.

4.1. Microorganismos utilizados en la biorremediación de suelos contaminados con aceite residual de talleres automotrices.

De acuerdo con el objetivo específico 1 se han identificado los microorganismos que se han utilizado en el proceso de biorremediación para degradar los aceites residuales se presentan en la tabla 3

Tabla 3: Microorganismos usados en la biorremediación.

Tipos de microorganismos	País	% de Eficiencia	Fuente
<i>Pseudomona Aeruginosa</i>	Australia	Obtuvo un porcentaje de remoción del 86% del aceite residual presente en el suelo.	Atikul et al. 2018
<i>Acinetobacter haemolyticus, Pseudomonas aeruginosa.</i>	India	Lograron una eficiencia de reducción de los derivados de hidrocarburos entre (39–71 %) y (11–71 %).	Peele et al. 2018
<i>Bacillus</i> sp. (SB4), <i>Pseudomonas</i> sp. (SC8), <i>Serratia</i> sp. (SC11) y <i>Acinetobacter</i> sp. (SC12)	Nigeria	La cepa SC11 no pudo reducir los componentes de antraceno, criseno, benzo(a) pireno y pireno del petróleo crudo. La cepa SB4 agotó del 24% al 57% de los componentes alifáticos y del 20% al 42% de los componentes aromáticos, mientras que la cepa SC8 redujo el 38% al 67% de los componentes alifáticos y del 30% al 79% de los componentes aromáticos. Sin embargo, la cepa SC11 solo agotó el 12% al	Yemisi et al. 2019

		46% de los componentes alifáticos.	
<i>Citrobacter sp.</i>	China	La biorremediación con <i>Citrobacter sp.</i> logró 77,4% de degradación de los aceites derivados de los hidrocarburos y 58,5% de remoción de Ni.	Ma et al. 2018
<i>Brevibacterium</i> y <i>Bacillus</i>	China	Por la inoculación de <i>Brevibacterium</i> y <i>Bacillus</i> se removi6 en un 43% durante 28 d6as los aceites usados a los microcosmos del suelo.	Dom6nguez et al. 2021
<i>Micrococcus luteus</i> , <i>Enterococcus faecalis</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Bacillus subtilis</i> , <i>Proteus vulgaris</i> , <i>Shigella flexneri</i> , <i>Serratia marcescens</i> , <i>Flavobacterium rigense</i> , <i>Klebsiella aerogenes</i> , <i>Arthrobacter oxydans</i> , <i>Aspergillus niger</i> , <i>Fusarium oxysporum</i> , <i>Penicillium expansum</i> ,	Estados Unidos	El uso de enmienda agrupado con macroorganismos al 40% dio la degradaci6n m6s alta de 84.6%, mientras que el suelo sin enmiendas dio la degradaci6n m6s baja de 25.6%. A medida que se aumentaba la bioaumentaci6n, disminu6a el contenido de aceite residual.	Onourah et al. 2018

<i>Cladosporium resinae</i> , <i>Candida utilis</i> y <i>Trichoderma herbarum</i> .			
<i>Bacillus</i> , <i>Staphylococcus</i> , <i>Enterobacter</i> , <i>Yersinia</i> , <i>Proteus</i> , and <i>Alcaligenes</i>	Bangladesh	A las 24 h de incubación de los macroorganismos, el crecimiento bacteriano aumentó en el 20% (v/v) de diesel, pero en el 25% (v/v) de diesel disminuyó el crecimiento bacteriano.	Ahmet et al. 2018
<i>Proteus mirabilis</i> y <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Nigeria	Determinaron que las <i>Pseudomonas aeruginosa</i> tenía la máxima capacidad de emulsificación del 65 % a las 24 horas, mientras que <i>Proteus mirabilis</i> presentaba la menor capacidad de emulsificación para la producción de biosurfactantes 43 %.	Adebajo et al. 2019
<i>Lysinibacillus sphaericus</i>	Colombia	Encontraron las eficiencias de remoción por <i>Lysinibacillus sphaericus</i> de hasta 95% para hidrocarburos C ₁₀ -C ₂₈ en los ensayos de biodegradación de aceite.	Hernández y Dussan 2018
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> SAS-1 y <i>Bacillus subtilis</i> BR-15.	India	La biorremediación con aplicación de <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> SAS-1 y <i>Bacillus subtilis</i> BR-15. aumentaron de manera eficiente (75–94%) la degradación del	Sharma et al. 2018

		aceite del motor con consorcio microbiano	
--	--	--	--

En la Tabla 3 se especifica los tipos de microorganismos que por el proceso de bioaumentación y bioestimulación estos por ingesta a los aceites lo degradaron recuperaron los suelos contaminados.

De acuerdo con la investigación de Atikul et al. 2018 que utilizó *Pseudomona Aeruginosa* obteniendo un porcentaje de remoción del 86% de aceite residual presente en el suelo. Seguido de la investigación de Peele et al. 2018, que también utilizó el mismo microorganismo junto con *Acinetobacter Haemolyticus* para remover aceite residual, obteniendo una remoción de (39–71 %) y (11–71 %).

Así mismo Yemisi et al. 2019 utilizó *Bacillus sp.*, *Pseudomonas sp.*, *Serratia sp.* y *Acinetobacter sp.* para reducir los contaminantes presentes en el suelo, demostrando un mayor porcentaje de remoción del 79%. A comparación del estudio de Ma et al. 2018 realizado con *Citrobacter sp.*, a través de la electro-biorremediación elimino el aceite residual de un 77,4%.

Domínguez et al. (2021) para lograr una remoción alta del aceite en suelo contaminado utilizó *Brevibacterium* y *Bacillus*, después de 28 días logro una mínima remoción del 43%. A diferencia del estudio de Onourah et al. (2018), que utilizó más de 10 microorganismos diferentes para demostrar la eficacia de remoción, obteniendo así un total del 84,6% de degradación de aceite residual.

En el estudio realizado por Ahmet et al 2018. Utilizó *Bacillus*, *Staphylococcus*, *Enterobacter*, *Yersinia*, *Proteus*, and *Alcaligenes* para demostrar luego de 24 horas una remoción muy baja del 25% de diésel. Este estudio es muy diferente al que realizó Adebajo et al. (2019), donde solo utilizó 3 microorganismos diferentes y en 24 horas logró una remoción del 43%.

Por último, en la investigación realizada por Hernández y Dussan. (2018). que solo utilizó un tipo de microorganismo *Lysinibacillus sphaericus*, para lograr remover un 95% del aceite residual presente en suelo. En comparación del estudio realizado por Sharma et al. 2018 que utilizó *Bacillus amyloliquefaciens* y *Bacillus subtilis* para demostrar su eficacia en la biorremediación de suelos contaminados por aceite residual, con un valor desde el 75% al 94%.

De lo revisado de los 40 autores que se tuvo mencionan que tales microorganismos degradan aceite *Acinetobacter haemolyticus*, *Pseudomonas aeruginosa*. *Micrococcus luteus*, *Enterococcus faecalis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus subtilis*, *Proteus vulgaris*, *Shigella flexneri*, *Serratia marcescens*, *Flavobacterium rigense*, *Klebsiella aerogenes*, *Arthrobacter oxydans*, *Aspergillus niger*, *Fusarium oxysporum*, *Penicillium expansum*, *Cladosporium resinae*, *Candida utilis* y *Trichoderma herbarum*.

Además, se ha determinado que tales *Pseudomona Aeruginosa*, *Micrococcus luteus*, *Enterococcus faecalis*, *Bacillus subtilis*, *Proteus vulgaris*, *Shigella flexneri*, *Serratia marcescens*, *Lysinibacillus sphaericus* degradaron los aceites de motor en un rango de porcentajes desde 84.6% a 94%. Asimismo, las *Acinetobacter haemolyticus*, *Serratia sp*, *Citrobacter sp.*, *Brevibacterium* degradaron en un rango de 43% a 77.4% durante un periodo de 28 días promedio de evaluación.

Tabla 3:

Microorganismos más usados por cada investigador.

Tipo de Microorganismo	% Eficiencia	Fuente
<i>Pseudomona Aeruginosa</i>	72.6% eficiencia de remoción de aceite de motor.	<ul style="list-style-type: none"> • Atikul et al. 2018 • Peele et al. 2018 • Yemisi et al. 2019 • Onourah et al. 2018 • Adebajo et al. 2019
<i>Acinetobacter</i>	64% de eficiencia de remoción de aceite de motor.	<ul style="list-style-type: none"> • Peele et al. 2018 • Yemisi et al. 2019
<i>Bacillus sp</i>	60.6 % de eficiencia de remoción de aceite de motor.	<ul style="list-style-type: none"> • Yemisi et al. 2018 • Domínguez et al. 2021 • Onourah et al. 2018 • Ahmet et al. 2018 • Sharma et al. 2018

De acuerdo con la tabla 4 se establece a los microorganismos más usados y eficientes en la degradación de los aceites de motor depositados en el suelo de los talleres mecánicos. Para ello las *Pseudomona Aeruginosa* removieron el 72.6%, *Acinetobacter* el 64 % y *Bacillus sp* 60.6 % macroorganismos más eficientes en la remoción de los aceites.

4.2. Tiempo usado por los microorganismos en la biorremediación de suelos contaminados con aceite residual de talleres automotrices.

En base al objetivo específico 2, se logra detallar el tiempo utilizado por cada microorganismo para realizar el proceso de biorremediación en suelo, para descontaminar superficies, esto se ve representado en la siguiente tabla.

Tabla 4:

Tiempo de Biorremediación de suelos contaminados con aceite.

Tiempo de Biorremediación	Temperatura	% de eficiencia	Fuente
30 días	30°C	El suelo contaminado por aceites de automóviles de Anguwan Kwara fueron más susceptible a la remediación y tuvo los TPH más altos degradados entre 22, 39, 44 y 57.04%, al final de los días 7, 14, 21 y 28 días evaluados respectivamente por cada tratamiento por inoculación de microorganismos como el <i>Enterococcus faecalis</i> , <i>Bacillus subtilis</i> .	Danladi et al. 2019
28 días	42°C	La eliminación de aceite por <i>Acinetobacter haemolyticus</i> en 28 días fue del 68.4 % con una	Jublee y Mukherji et al. 2019

		constante de velocidad de descomposición de primer orden de 0,0126 día ⁻¹ .	
150 días - 180 días	45°	Los resultados indicaron que BIS del suelo impactó por 85,000 ppm de WRO hasta 29,000 ppm en 150 días, luego PYHTO por <i>P. vulgaris</i> con <i>M. echinospora</i> y <i>S. griseus</i> , disminuyó de 29.000 ppm a 1.492 ppm en 180 días.	Pizano et al. 2019
10, 20, 30 días	35°C	Por la aplicación de <i>Penicillium expansum</i> , <i>Cladosporium resinae</i> la tasa promedio de degradación fue de 14.4 mg/l/día, 10.5 mg/l/día y 4.0 mg/l/día de 0 a 10 días, 10 a 20 y 20 a 30 días, respectivamente.	Ljesevic et al. 2020
45 días	60°C	Bajo estas condiciones, las tasas de emulsificación del aceite de motor fueron superiores al 90% de degradación por ingesta de microorganismos <i>Pseudomona Aeruginosa</i> , <i>Micrococcus luteus</i> .	Durval et al. 2018
28 días	40°C	El porcentaje restante promedio de HAP en mezclas (48%) fue significativamente menor que las de monocultivos (55%) y suelos no sembrados (70%) por	Ite e Ibok et al. 2021

		remoción de los microorganismos <i>Pseudomonas aeruginosa</i> . Micrococcus luteus, <i>Enterococcus faecalis</i> .	
28 días	30°C	Los resultados de los parámetros fisicoquímicos de los suelos contaminados con petróleo mostraron que los suelos tenían valores medios de pH (5,01 ± 0,22), conductividad eléctrica (574,45 ± 63,35 µs/cm) y materia orgánica del suelo (50,53 ± 5,67 g/kg) que aprovechados por los microorganismos <i>Citrobacter sp.</i> , <i>Brevibacterium</i> disminuyen el grado de contaminación.	Torimiro et al. 2020
60 días	30 °C	Los microorganismos como las <i>Pseudomona Aeruginosa</i> degradaron la mayoría de los hidrocarburos probados en 98 %, mostrando un crecimiento máximo a 3,3g/l de concentración de biomasa y 15 días de incubación.	Abdulla et al. 2019
28 días	35°C	La <i>Pseudomonas aeruginosa</i> tuvo un valor de remoción del 80% de aceite residual presente en el suelo con la inoculación de los microorganismos en el suelo.	Araujo et al. 2019

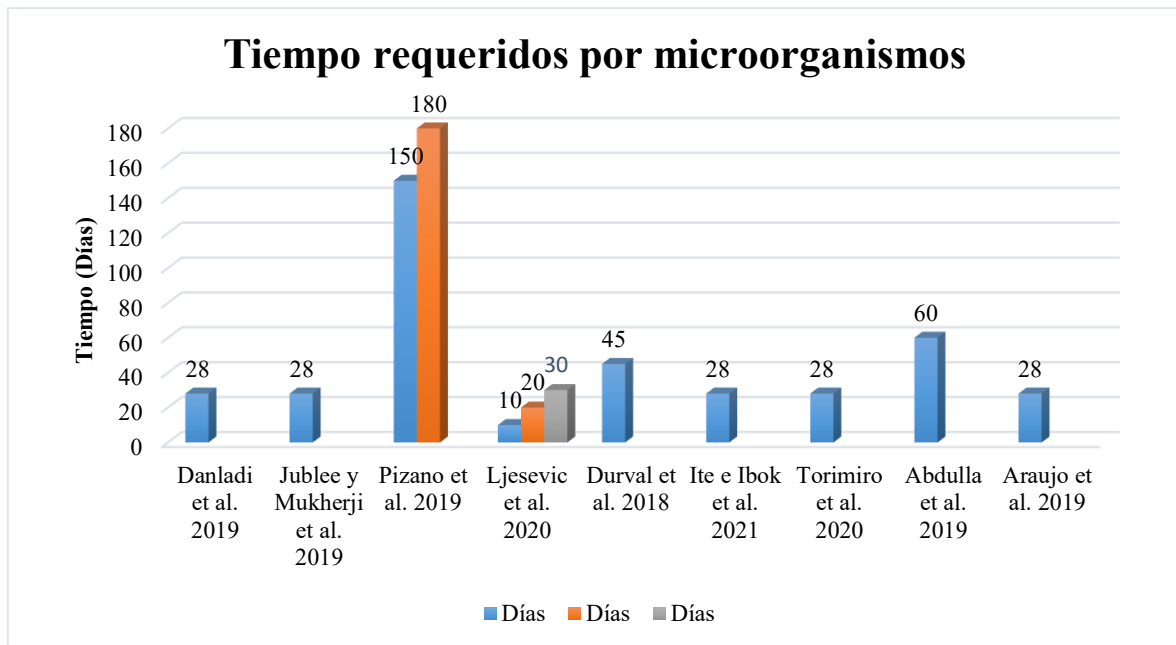


Figura 3: Tiempo usado por los microorganismos en degradar aceites

En la figura 3 establecida, se detallaron los tiempos usados por los diferentes microorganismos en la eficiencia de degradar a los aceites de motor acumulados en el suelo por actividades mecánicas.

Danladi et al. 2019 llevó su investigación a cabo, el cual tuvo una duración de 4 semanas, pero logro demostrar una degradación de aceite residual del 22, 39, 44 y 57,04%. La investigación realizada por Jublee y Mukherji et al. 2019, no tuvo mucha diferencia en la duración del tratamiento pues solo constó de 28 días para eliminar el 68,4% de aceite residual.

En el estudio realizado por Pizano et al. 2019 le basto tan sólo 150 días y 45°C para disminuir la concentración de aceite residual. Con una diferencia significativa esta la investigación realizada por Ljesevic et al. 2020 que utilizó 30 días y 35°C con una tasa de degradación del 10mg/l/día.

En la investigación de Durval et al. 2018, en el cual este tratamiento tuvo una duración de 45 días para lograr remover un 90% de aceite de motor presente en suelo. A diferencia de Hentati et al. 2019 que solo utilizó 35 días para reducir la concentración de aceite de un 92%.

Ite e Ibok 2021, llevo a cabo un tratamiento de 28 días y a 40°C para lograr remover un 70% de aceite residual en suelo contaminado. Al igual que Torimiro et al. 2020

que utilizó la misma cantidad de días para volver a la normalidad el valor de las propiedades del suelo antes de estar contaminado con aceite.

Por último, Abdulla et al. 2019, fue el tratamiento que más demoró, pues tuvo una duración de 60 días, pero con una alta remoción del 98% de aceite. A diferencia de Araujo que solo utilizó 28 días para remover el 80% de aceite residual presente en el suelo. Esta diferencia se debe al ambiente en el cual se desarrolla cada bacteria y el porcentaje de aplicación sobre el medio contaminado.

De los artículos revisados el tiempo usado por los microorganismos *Enterococcus faecalis*, *Bacillus subtilis*, *Acinetobacter haemolyticus*, *M. echinospora* y *S. griseus*, *Penicillium expansum*, *Cladosporium resinae*, *Aeruginosa*, *Micrococcus luteus*, *Pseudomonas aeruginosa*. *Micrococcus luteus*, *Enterococcus faecalis* fue desde un rango 10 a 180 días respectivamente usado por cada investigador logrando una mayor remoción en cuanto a los porcentajes de 48% al 90% del total de aceites acumulados en los suelos de los talleres mecánicos.

Tabla 5:

Microrganismos más usados de acuerdo al tiempo de tratamiento.

Tipo de Microorganismo	Días	Temperatura	% de remoción	Fuente
<i>Pseudomona Aeruginosa</i>	40	41°C	85% de eficiencia de remoción de aceite de motor.	<ul style="list-style-type: none"> • Durval et al. 2018 • Ite e Ibok et al. 2021 • Abdulla et al. 2019 • Araujo et al. 2019
<i>Micrococcus</i>	37	50°C	80% de eficiencia de remoción de aceite de motor.	<ul style="list-style-type: none"> • Durval et al. 2018 • Ite e Ibok et al. 2021

En la tabla 6, de acuerdo a los análisis quedó demostrado que los microorganismos más usados en la biorremediación son las *Pseudomona Aeruginosa* y *Micrococcus*.

4.3. Eficiencia de la biorremediación de suelos contaminados con aceite residual de talleres automotrices.

De acuerdo al objetivo específico 3, en el cual menciona la eficiencia que tuvo cada microorganismo para remover aceite residual, en la siguiente tabla se detalla cada aspecto.

Tabla 6:

Biorremediación al aceite residual de talleres automotrices.

Tipo de microorganismo	% de eficiencia	Fuente
Hongos: <i>Trametes sanguínea</i> y <i>Pleurotus sajor-caju</i>	Los cultivos de hongos de podredumbre blanca eliminaron el 91 % del aceite del suelo después de 90 días.	Sadañoski et al. 2020
<i>Acinetobacter</i> , <i>Bacillus</i> , <i>Micrococcus</i> , <i>Flavobacterium</i> y <i>Pseudomonas</i> .	La aplicación de <i>Acinetobacter</i> , <i>Bacillus</i> , <i>Micrococcus</i> , <i>Flavobacterium</i> y <i>Pseudomonas</i> demostraron una reducción del 80,05 % de aceites residuales en el suelo.	Muhammad et al. 2022
<i>Rhodotorula</i> , <i>Sporobolomyces</i> , <i>Aspergillus</i> , <i>Penicillium</i> y <i>Lentinus</i>	Las evaluaciones por inoculación de <i>Rhodotorula</i> , <i>Sporobolomyces</i> , <i>Aspergillus</i> , <i>Penicillium</i> y <i>Lentinus</i> eliminaron el 38%-57% de aceite después de 53 días de evaluación constante y análisis de los suelos recuperados.	Gielnik et al. 2020
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	La mayor extracción de aceite de 83,15 ± 1,97 % se obtuvo con la concentración de microorganismos, mientras	Gidudu y Chirwa 2020

	que la mayor degradación se observó cuando se utilizaron micronutrientes para ayudar en la degradación de los aceites.	
<i>Pseudomona Aeruginosa</i>	El valor de remoción por cepas de <i>Pseudomona Aeruginosa</i> fue del 83.73% durante los primeros 42 días de evaluación constante.	Abduleyekeen et al. 2022
<i>Pseudomona Aeruginosa</i>	Los resultados indicaron que había hasta un 63,38% de degradación del petróleo crudo después de 60 días de incubación de la <i>Pseudomona Aeruginosa</i>	Deivakumari et al. 2020
<i>Pseudomonas, Micrococcus, Bacillus cereus, Providencia y Acinetobacter</i>	El porcentaje de reducción de UEO fue estadísticamente muy significativo ($p < 0,05$) para las cinco especies bacterianas y se encontró en el siguiente orden: <i>Pseudomonas</i> (94,67%) > <i>Micrococcus</i> (71,45%) > <i>Bacillus cereus</i> (31,00%) > <i>Providencia</i> (28,37%) > <i>Acinetobacter</i> (28,25%).	Ugwoha 2020
<i>Pseudomonas aeruginosa y Bacillus subtilis</i>	El biorreactor de fase de suspensión, R_A , tratado con <i>Pseudomonas</i> sp., tuvo una degradación real del 31%, el biorreactor en fase de	Babalola et al. 2021

	suspensión, <i>R_B</i> , tratado con <i>Bacillus</i> sp., tuvo una degradación real del suelo en 35 %.	
<i>Penicillium canescens</i> st., calle <i>Penicillium simplicissimum</i> , <i>Penicillium commune</i> , <i>Penicillium ochrochloron</i> y <i>Penicillium restrictum</i> .	Un día después del inicio del experimento por inoculación de <i>Penicillium canescens</i> st., calle <i>Penicillium simplicissimum</i> , <i>Penicillium commune</i> , <i>Penicillium ochrochloron</i> y <i>Penicillium restrictum</i> . se descompuso del 6 al 18% de los hidrocarburos: a los 3 días fue del 16 al 49%; a los 7 días, 40 a 73%; y a los 10 días, del 71 al 87%.	Myazin et al. 2021
<i>Corynebacterium</i> y <i>Bacillus</i>	Desde el día 0 hasta el día 20 con un nivel de contaminación del 20 %, la CE aumentó de 238,62 a 788,89 y de 228,92 a 922,29, respectivamente, para cultivos que contenían <i>Bacillus</i> sp.	Shittu et al. 2018

Para demostrar la eficacia de los Hongos: *Trametes sanguínea* y *Pleurotus sajor-caju*, Sadañoski et al. 2020, llevo a cabo un tratamiento en suelo contaminado con aceite residual, logrando eliminar el 91% de aceite después de 90 días. A diferencia de Muhammad et al. 2022 que utilizó tres microorganismos diferentes, los cuales demostraron tener una remoción del 80,05%.

Gielnik et al. 2020 utilizó *Rhodotorula*, *Sporobolomyces*, *Aspergillus*, *Penicillium* y *Lentinus* para lograr una remoción desde el 38% al 57% después de 53 días de su aplicación en suelo contaminado. A diferencia de Gidudu y Chirwa 2020 que solo utilizó *Pseudomonas aeruginosa*, logrando una remoción del 83,15% de aceite

residual, esta diferencia es debido al ambiente propicio en el cual se desarrolló dicha bacteria, pues el pH se encontraba en un valor de 6.8 y con una temperatura de 150°C.

Abduleyekeen et al. 2022 utilizó *Pseudomonas aeruginosa* para lograr remover un 83,73% durante los 42 días de tratamiento al suelo contaminado. Al igual que Deivakumari et al. 2020 que también utilizó el mismo microorganismo, pero a diferencia que el obtuvo una remoción del 63,83% después de 60 días de tratamiento. En esta comparación se logró observar el valor de remoción que tiene *Pseudomonas aeruginosa* con otra bacteria, pues se le conoce como un gran degradador de hidrocarburos en diversas superficies.

En la investigación realizada por Ugwoha 2020 tuvo una remoción de *Pseudomonas* (94,67%) > *Micrococcus* (71,45%) > *Bacillus cereus* (31,00%) > *Providencia* (28,37%) > *Acinetobacter* (28,25%). A diferencia del estudio realizado por Babalola et al. 2021 que solo obtuvo una degradación del 35% de aceite residual.

Por último, Myazin et al. 2021 utilizó diversas subdivisiones de *penicillium* para lograr remover un 87% de aceite residual al décimo día de tratamiento. A diferencia de Shittu et al. 2018 que solo utilizó *Corynebacterium* y *Bacillus* para remover más del 92% de aceite luego del día 20 del tratamiento. De acuerdo a esta comparación se logra identificar el valor de remoción de acuerdo a los días, tamaño de muestra, porcentaje de aplicación de dicha bacteria y el ambiente de crecimiento.

Al mismo tiempo se determinó la eficiencia de remoción de los aceites usados de motor en los suelos de los talleres mecánicos por la inoculación de microorganismos tales como *Trametes sanguinea* y *Pleurotus sajor-caju*, *Acinetobacter*, *Bacillus*, *Micrococcus*, *Flavobacterium* y *Pseudomonas*, en un porcentaje de remoción de 80.05% a 91%. En cambio, los microorganismos de tipo *Rhodotorula*, *Sporobolomyces*, *Aspergillus*, *Penicillium* y *Lentinus*, *Micrococcus*, *Bacillus cereus*, *Providencia* y *Acinetobacter* lograron una remoción de 38% al 71% del total de los aceites usados acumulados en los suelos de los talleres automotrices.

Tabla 7:

Microorganismos más usados de acuerdo con su eficiencia.

Tipos de Microorganismo	% de eficiencia	Fuente
<i>Pseudomona Aeruginosa</i>	72 % de eficiencia de remoción en aceite de motor.	<ul style="list-style-type: none">•Gidudu y Chirwa 2020•Abduleyekeen et al. 2022•Deivakumari et al. 2020•Ugwoha 2020•Babalola et al. 2021
<i>Penicillium sp</i>	65% de eficiencia de remoción en aceite de motor.	<ul style="list-style-type: none">•Gielnik et al. 2020•Myazin et al. 2021
<i>Bacillus sp</i>	88% de eficiencia de remoción en aceite de motor.	<ul style="list-style-type: none">•Muhammad et al. 2022•Ugwoha 2020•Shittu et al. 2018

Seguidamente en la tabla 8 sobre los microorganismos más usados de acuerdo con su eficiencia degradadora se logró determinar a las *Pseudomona Aeruginosa* con el 72 %, *Penicillium sp* el 65% y los *Bacillus sp* con el 88% con alta capacidad degradante sobre los aceites usados de motores depositados en los suelos de los talleres mecánicos.

V. CONCLUSIONES

1. Mediante el análisis correspondiente de los trabajos de investigación, se encontró que los microorganismos mayormente usados en la biorremediación para la degradación de aceites residuales de talleres automotrices fueron *Acinetobacter haemolyticus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Micrococcus luteus*, *Enterococcus faecalis*, *Bacillus subtilis*, *Proteus vulgaris*, *Shigella flexneri*, *Serratia marcescens*, *Flavobacterium rigense*, *Klebsiella aerogenes*, *Arthrobacter oxydans*, *Aspergillus niger*, *Fusarium oxysporum*, *Penicillium expansum*, *Cladosporium resinae*, *Candida utilis* y *Trichoderma herbarum*, de las cuales *Pseudomona aeruginosa*, *Acinetobacter* y *Bacillus*, demostraron ser muy eficientes en el control de los aceites usados en los suelos.
2. Los tiempos utilizados por los microorganismos en la biorremediación como *pseudomona aeruginosa* y *micrococcus* tuvieron un alto valor en la eficiencia de degradación de los aceites residuales en un tiempo único de 37 a 40 días como máximo, con hasta 80% en remoción de aceite de motor.
3. Se determinó la eficiencia de remoción que tuvieron diversos microorganismos de los cuales la *Pseudomona Aeruginosa*, *penicillium* sp y *Bacillus* sp destacaron por su alta eficiencia de 72%, 65% y 88% en degradación de aceite de motor, en un tiempo determinado de 28 a 40 días.

VI. RECOMENDACIONES

1. Desarrollar mayores trabajos utilizando solo microorganismos como las bacterias *Pseudomonas Aeruginosa*, *Acinetobacter* y *Bacillus sp* en la biorremediación de suelos contaminados con aceites de motores de los talleres mecánicos, pues se han demostrado que son demasiado eficaces en tratamiento de remoción.
2. Desarrollar los trabajos de biorremediación con el uso de bacterias *Pseudomona aeruginosa* y *Micrococcus* por mantener los controles de tiempos en la identificación de los mejores porcentajes de remoción.
3. Desarrollar los trabajos de investigación usando otros tipos de microorganismos tales como *Pseudomona aeruginosa*, *Penicillium sp* y *Bacillus sp.* por tener alto porcentaje en degradación de aceites y de alguna u otra manera alimentar a las investigaciones con otros porcentajes ya establecidos por diferentes autores.

REFERENCIAS

1. ABDULLA, K. et al. Biodegradation of crude oil using local bacterial isolates [En línea] International Conference on Agricultural Sciences – volume 388(2019) [Fecha de consulta: 18 de julio del 2022] Disponible en: 10.1088/1755-1315/388/1/012081
2. ABDULKARIM A. Y. et al. Bioremediation of Soil Contaminated with Spent Motor Oil. [En línea] IRE Journals – volume 3, September 2019 [Fecha de consulta: 14 de junio del 2022] Disponible en: <http://irejournals.com/formatedpaper/1701607.pdf>
ISSN: 2456-8880
3. K.A. Abdulyekeen" Kinetic Modelling And Half-Life Study Of The Bioremediation Of Used Motor Oil Contaminated Soil Using Animal Dung As Stimulants." [En línea] American Journal of Engineering Research (AJER), vol. 7, no. 08, 2018, pp. 217-223 [Fecha de consulta: 11 de junio del 2022] Disponible en: <https://www.researchgate.net/>
ISSN: 2320-0847
4. Abdulyekeen, K.A., Giwa, S.O., Ibrahim, A.A. (2022). Bioremediation of Used Motor Oil-Contaminated Soil Using Animal Dung as Stimulants. In: Mahajan, S., Varma, A. (eds) Animal Manure [En línea] Soil Biology, vol 64. Springer, Cham [Fecha de consulta: 13 de junio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-97291-2-10>
5. ADEBAJO, S. et al. Biosurfactants producing bacteria from oil-polluted soil in Abeokuta, Ogun State [En línea] African Journals Online – volume 20(2) – 2018 [Fecha de consulta: 18 de julio del 2022] Disponible en 10.4314/ijss.v20i2.9
6. ADEDITUN, D.O et al. Utilization of Decane, Heptane, Petrol and Hexadecane by Fungi Isolated from Engine Oil Contaminated Soil in Ilorin [En línea] Journal of Applied Sciences and Environmental Management- volume 23, 18 October 2019 [Fecha de consulta: 14 de junio del 2022] Disponible en: 10.4314/jasem.v23i9.11
7. ADEYI, Akindele et al. Combined use of earthworm (*Alma millsoni*) and bacterium (*Bacillus* sp.) improved the bioremediation of spent engine oil contaminated soil [En línea] Chemistry and Ecology – volume 34, 11 May 2018

- [Fecha de consulta: 14 de junio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1080/02757540.2018.1472247>
8. Agnes Njoki Mwaura, Betty Nyambura Mbatia, Edward Kirwa Muge, Patrick Wafula Okanya. Screening and Characterization of Hydrocarbonoclastic Bacteria Isolated from Oil-contaminated Soils from Auto Garages. [En línea] *International Journal of Microbiology and Biotechnology*. Vol. 3, No. 1, 2018, pp. 11-24. [Fecha de consulta: 10 de junio del 2022] Disponible en: doi: 10.11648/j.ijmb.20180301.13
 9. Ahmed, F., Fakhruddin, A., & Kabir, M. (2018). Degradation of diesel and phenol using bacteria isolated from petroleum hydrocarbon contaminated soil. [En línea] *Bangladesh Journal of Scientific and Industrial Research*, 53(1), 53–62 [Fecha de consulta: 10 de junio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.3329/bjsir.v53i1.35911>
 10. AKUBUENYI, F. C et al. Determination of The Influence of Used Engine Oil on Soil Microbial Community Around Mechanic Workshops [En línea] *International Journal of Biotech Trends and Technology (IJBTT)* – volume 9, October – December 2019 [Fecha de consulta: 14 de junio del 2022] Disponible en: <http://ijbttjournal.org/2019/volume-9-issue-4/IJBTT-V9I4P608.pdf>
ISSN: 2249- 0183
 11. Ali N, Wang F, Xu B, Safdar B, Ullah A, Naveed M, Wang C, Rashid MT. Production and Application of Biosurfactant Produced by *Bacillus licheniformis* Ali5 in Enhanced Oil Recovery and Motor Oil Removal from Contaminated Sand. [En línea] *Molecules*. 2019; 24(24):4448 [Fecha de consulta: 13 de junio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.3390/molecules24244448>
 12. Araújo, H.W.C., Andrade, R.F.S., Montero-Rodríguez, D. *et al.* Sustainable biosurfactant produced by *Serratia marcescens* UCP 1549 and its suitability for agricultural and marine bioremediation applications. [En línea] *Microb Cell Fact* 18, 2 (2019). [Fecha de consulta: 13 de junio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s12934-018-1046-0>
 13. ASHISH & MIRA DEBNATH. Application of biosurfactant produced by an adaptive strain of *C.tropicalis* MTCC230 in microbial enhanced oil recovery (MEOR) and removal of motor oil from contaminated sand and water [En línea] *Journal of Petroleum Science and Engineering* – volume 170, November 2018

- [Fecha de consulta: 13 de junio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2018.06.034>
14. ATIKUL, Muhammad et al. Toxicity assessment of fresh and weathered petroleum hydrocarbons in contaminated soil- review [En línea] Chemosphere – volume 212, December 2018, pp. 755 – 767 [Fecha de consulta: 18 de julio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.08.094>
 15. ATIKU, Y.M. et al. Biostimulation of Soil Contaminated with Spent Motor Oil Using Cow Dung and Poultry Litter in Land Farming Microcosm. [En línea] IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology (IOSR-JESTFT) – volume 12, March 2018 [Fecha de consulta: 13 de junio del 2022] Disponible en: 10.9790/2402-1203020110
ISSN: 2319-2399
 16. AYANDELE AA. Microbial Treatment of Soil Contaminated with Spent engine Oil / Biotreatment of Soil Contaminated with Spent Engine by Microorganisms [En línea] The preprint server for biology, 20 February 2018 [Fecha de consulta: 14 de junio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1101/268185>
 17. BABALOLA, R et al. Slurry-Phase Bioremediation of Ogoni Land Crude Oil Contaminated Soil [En línea] Materials Science and Engineering – volume 1107 – 2021 [Fecha de consulta: 18 de julio del 2022] Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1107/1/012167/meta>
 18. BUSTOS-VAZQUEZ, Guadalupe et al. Uso de biosurfactantes extraídos de los licores de lavado de maíz para la eliminación de aceite quemado de motor en suelo arenoso. [En línea] *Agrociencia* [online]. 2018, vol.52, n.4, pp.581-591. [Fecha de consulta: 13 de junio del 2022]
ISSN: 2521 - 9766
 19. BHURGRI, S. et al. Isolation of Bacillus cereus from botanical soil and subsequent biodegradation of waste engine oil [En línea] International Journal of Environmental Science and Technology volume 17, 28 August 2018 [Fecha de consulta: 14 de Junio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s13762-017-1502-0>
 20. CABREJOS & SIPIÓN. Efecto de consorcios microbianos aerobios en la biorremediación de suelo contaminado con aceite residual automotriz en la provincia de Chiclayo. [En línea] Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo – 2019

- [Fecha de consulta: 13 de Junio del 2022] Disponible en: <https://repositorio.unprg.edu.pe/>
21. CHEBBI, Alif et al. Promising abilities of mercapto-degrading *Staphylococcus capitis* strain SH6 in both crude oil and waste motor oil as sole carbon and energy sources: its biosurfactant production and preliminary characterization [En línea] *Journal of Chemical Technology and Biotechnology* – volume 93, May 2018 [Fecha de consulta: 14 de junio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1002/jctb.5508>
 22. CHIRRE, Jaqueline. “Determinación de las condiciones de operación para la recuperación de bentonita contaminada con aceite lubricante usado, utilizando el consorcio bacteriano Oil Eating Microbes (*Rhodococcus*, *Pseudomonas* y *Bacillus*)” [En línea] Universidad Nacional Mayor de San Marcos – 2021 [Fecha de consulta: 13 de Junio del 2022] Disponible en: <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/>
 23. COLLINS, Onwa et al. Isolation of hydrocarbon degrading bacterial species from soil contaminated with lubricating oil in Enugu South East Nigeria. [En línea] *International Digital Organization for Scientific Research* – volume 3, 2018 [Fecha de consulta: 14 de junio del 2022] Disponible en: <https://www.idosr.org/> ISSN: 2550 – 7931
 24. CURASSI & LUQUE. Efectividad de los bioestimuladores de compost, lombricompost y abono verde en la biorremediación de suelos contaminados con aceite automotriz [En línea] Universidad Peruana Unión- 2019 [Fecha de consulta: 13 de junio del 2022] Disponible en: https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/3079/Nancy_Tesis_Licenciatura_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y
 25. DANLADI, Makut et al. Bioremediation potentials of chicken droppings on crude oil polluted soil from automobile workshop [En línea] *GSC Biological and Pharmaceutical Sciences* – volume 8(2), pp. 45-52, 2019 [Fecha de consulta: 18 de julio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.30574/gscbps.2019.8.2.0138>
 26. DEIVAKUMARI, M et al. Studies on reclamation of crude oil polluted soil by biosurfactant producing *Pseudomonas aeruginosa* (DKB1) [En línea] *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology* – volume 29, October 2020 [Fecha

- de consulta: 18 de julio del 2022] Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/j.bcab.2020.101773>
27. DOMINGUEZ, Elena et al. Phytoremediation of Soil Contaminated with Used Motor Oil: I. Enhanced Microbial Activities from Laboratory and Growth Chamber Studies [En línea] Environmental Engineering Science – volume 21(2) – 2021 [Fecha de consulta: 18 de julio del 2022] Disponible en:
<https://doi.org/10.1089/109287504773087336>
 28. DURVAL, Italo et al. Studies on Biosurfactants Produced using Bacillus cereus Isolated from Seawater with Biotechnological Potential for Marine Oil-Spill Bioremediation [En línea] Journal of Surfactants and Detergents – volume 22(2) – 2018, pp. 349 – 363 [Fecha de consulta: 18 de julio del 2022] Disponible en:
<https://doi.org/10.1002/jsde.12218>
 29. EBELE, Mbachu et al. Evaluation of the Effectiveness of Fungi (Candida Tropicalis and Aspergillus Clavatus) in Bioremediation of used Engine Oil Contaminated Soil using Bioaugmentation Technique [En línea] International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology (IJEAB) – volume 3, August 2018 [Fecha de consulta: 14 de junio del 2022] Disponible en:
[10.22161/ijeab/3.4.4](https://doi.org/10.22161/ijeab/3.4.4)
 30. ERRINGTON, Ingrid et al. The influence of vegetation and soil properties on springtail communities in a diesel-contaminated soil [En línea] Science of The Total Environment- volume 619- 620, 1 April 2018 [Fecha de consulta: 14 de junio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.11.186>
 31. FLORES, Jaqueline et al. Estudio de la biodegradación de residuos de aceite lubricante retenidos en bentonita usando el consorcio bacteriano Oil Eating Microbes (Rodhococcus, Pseudomonas y Bacillus) [En línea] Revista de la sociedad química del Perú – volume 85, Junio 2019 [Fecha de consulta: 13 de junio del 2022] Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1810-634X2019000200005&script=sci_arttext
 32. FONTELA, Alejandro et al. Usage of biosurfactants extracted from corn steep liquor to eliminate burned engine oil on sandy soil [En línea] Agrociencia – volume 52, June 2018 [Fecha de consulta: 14 de junio del 2022] Disponible en:
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S140531952018000400581&script=sci_arttext&tlng=en

ISSN: 2521 – 9766

33. GIDUDU Y CHIRWA. Biosurfactants as demulsification enhancers in bio-electrokinetic remediation of petroleum contaminated soil [En línea] *Process Safety and Environmental Protection*- volume 143, 2020, pp. 332 – 339 [Fecha de consulta: 18 de julio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.psep.2020.05.052>
34. GIELNIK, A et al. Potential Use of Waste-to-Bioenergy By-Products in Bioremediation of Total Petroleum Hydrocarbons (TPH)-Contaminated Soils. [En línea] *Applied Environmental Science and Engineering for a Sustainable Future* – volume 3- pp. 239 – 282 [Fecha de consulta: 18 de julio del 2022] Disponible en: https://doi.org/10.1007/978-3-030-40348-5_5
ISSN: 2570-2173
35. GOVEAS, Louella et al. Petroleum hydrocarbon degradation in soil augmented with used engine oil by novel *Pantoea wallisii* SS2: Optimisation by response surface methodology [En línea] *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology* – volume 25, May 2020 [Fecha de consulta: 14 de junio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2020.101614>
36. HAMBALI, I.U et al. Environmental Assessment of Petrophilic Bacteria Associated with Bioremediation and Biodegradation of Engine Oil Contaminated Soil in Maiduguri [En línea] *Sahel Journal of Veterinary Sciences* – volume 18, 2021 [Fecha de consulta: 14 de junio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.54058/saheljvs.v18i4.264>
37. HENTATI, Dorra et al. Production, characterization and biotechnological potential of lipopeptide biosurfactants from a novel marine *Bacillus stratosphericus* strain FLU5 [En línea] *Ecotoxicology and Environmental Safety* – volume 167 – January 2019, pp. 441 – 449 [Fecha de consulta: 18 de julio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.10.036>
38. HERNANDEZ Y DUSSAN. *Lysinibacillus sphaericus* proved to have potential for the remediation of petroleum hydrocarbons [En línea] *Soil and Sediment Contamination: An International Journal* – volume 27(6)-pp. 538 – 549, 2018 [Fecha de consulta: 18 de julio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1080/15320383.2018.1490888>

39. IBRAHIM, Haytham Characterization of biosurfactants produced by novel strains of *Ochrobactrum anthropic* HM-1 and *Citrobacter freundii* HM-2 from used engine oil-contaminated soil [En línea] Egyptian Journal of Petroleum– volume 27, Marzo 2018 [Fecha de consulta: 14 de junio del 2020] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ejpe.2016.12.005>
40. Ite e Ibok. Role of Plants and Microbes in Bioremediation of Petroleum Hydrocarbons Contaminated Soils [En línea] International Journal of Environmental Bioremediation & Biodegradation – volume 7(1), pp. 1 – 19, 2021 [Fecha de consulta: 18 de julio del 2022] Disponible en: [10.12691/ijebb-7-1-1](https://doi.org/10.12691/ijebb-7-1-1)
41. JUBLEE Y MUKHERJI. Impact of bioremediation strategies on slurry phase treatment of aged oily sludge from a refinery [En línea] Journal of Environmental Management – volume 246 – 2019, pp. 625 – 635 [Fecha de consulta: 18 de julio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.06.029>
42. LJESEVIC, Marija et al. Biodegradation of the aromatic fraction from petroleum diesel fuel by *Oerskovia* sp. followed by comprehensive GC×GC-TOF MS [En línea] Journal of Hazardous Materials – volume 365 – Febrero 2020, pp. 227 – 232 [Fecha de consulta: 18 de julio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2018.10.005>
43. MA, Yongsong et al. Remediation of hydrocarbon–heavy metal co-contaminated soil by electrokinetics combined with biostimulation [En línea] Chemical Engineering Journal – volume 353, December 2018, pp. 410 – 418 [Fecha de consulta: 18 de julio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2018.07.131>
44. MARTINEZ, Blanca et al. Biorecovery of Agricultural Soil Impacted by Waste Motor Oil with *Phaseolus vulgaris* and *Xanthobacter autotrophicus* [En línea] Plants- volume 11, 26 May 2022 [Fecha de consulta: 14 de junio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.3390/plants11111419>
45. MYAZIN, Vladimir et al. The Effectiveness of Biostimulation, Bioaugmentation and Sorption-Biological Treatment of Soil Contaminated with Petroleum Products in the Russian Subarctic [En línea] Microorganism – volume 9(8) 2021 [Fecha de consulta: 18 de julio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.3390/microorganisms9081722>

46. MUHAMMAD R.G et al. A Comparism of the Effect of Some Organic Wastes on the Rate of Bioremediation of Soil Contaminated with Spent Engine Oil Using Gas Chromatography/Mass Spectrophotometer [En línea] Journal of Agriculture & Agricultural Technology – volume 19, December 2019 [Fecha de consulta: 14 de junio del 2022] Disponible en: <https://www.researchgate.net/>
ISSN: 2278 – 8779
47. MUHAMMAD R.G et al. STIMULATED BIOREMEDIATION OF SOIL CONTAMINATED WITH SPENT ENGINE OIL USING ORGANIC WASTES [En línea] Science World Journal – volume 17(2) 2022 [Fecha de consulta: 18 de julio del 2022] Disponible en: <https://www.scienceworldjournal.org/article/view/22961>
48. MUSA, S.I et al. Isolation and identification of diesel oil-degrading bacteria in used engine oil contaminated soil[En línea] Journal of Applied Sciences and Environmental Management – volume 23, 10 April 2019 [Fecha de consulta: 14 de junio del 2022] Disponible en: [10.4314/jasem.v23i3.10](https://doi.org/10.4314/jasem.v23i3.10)
ISSN: 1119 – 8362
49. NWAKANMA N. M et al. Genotoxic Effects of Spent Engine Oil (SEO)- Polluted Soils on Vernonia Amygdalina Del. [En línea] International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET) – volume 6, 2018 [Fecha de consulta: 14 de junio del 2022]
ISSN: 2321 - 9653
50. NYINOH, I. et al. Biostimulatory effects of Pleurotus ostreatus spent substrate in bioremediation of spent engine oil-contaminated soil [En línea] IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology (IOSR-JESTFT) – volume 15, February 2021 [Fecha de consulta: 13 de junio del 2022] Disponible en: [10.9790/2402-1502021019](https://doi.org/10.9790/2402-1502021019)
ISSN: 2319 – 2399
51. NOGUEIRA, Ianne et al. Bioconversion of Agroindustrial Waste in the Production of Bioemulsifier by Stenotrophomonas maltophilia UCP 1601 and Application in Bioremediation Process [En línea] International Journal of Chemical Engineering - volume 20, 2020 [Fecha de consulta: 14 de junio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1155/2020/9434059>

52. OKPASHI, VE et al. Effect of Agitated Chicken-Droppings for in Situ Bioremediation of Pahs in Spend Engine-Oil Contaminated Soil [En línea] Journal of Bio- science – volume 29, 11 July 2021 [Fecha de consulta: 14 de junio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.3329/jbs.v29i0.54817>
53. ONOURAH, Samuel et al. Effect of Pig Manure on the Microbial Remediation of Crude Oil-Polluted Soil [En línea] American Journal of Life Science Research – volume 6(2) – 2018 [Fecha de consulta: 18 de julio del 2022] Disponible en: <http://www.diili.org/ojs-2.4.6/index.php/ajlsr/index>
ISSN: 2332-0206
54. OSHOMA, CE et al. Improvement of Hydrocarbon Degrading Bacteria Isolated from Automobile Mechanic Workshop Contaminated Soil Using Rock Phosphate [En línea] NISEB Journal – volume 19, 2019 [Fecha de consulta: 13 de junio del 2022] Disponible en: <http://www.ojs.klobexjournals.com/index.php/nisebj>
55. OGBEH, Gabriel et al. Optimization of nutrients requirements for bioremediation of spent-engine oil contaminated soils [En línea] Environmental Engineering Research, volume 24, 2018 [Fecha de consulta: 13 de junio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.4491/eer.2018.237>
ISSN: 2005- 968X
56. PASAYE, Lizbeth et al. Soil polluted by waste motor oil: remediation by biostimulation [En línea] Journal of the Selva Andina Research Society – volume 11, June 2020 [Fecha de consulta: 13 de Junio Del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.36610/j.jsars.2020.110200084>
57. PEELE, Abraham et al. Role of biosurfactants in bioremediation of oil pollution- a review [En línea] Petroleum – volume 4(3), September 2018, pp. 241 – 249 [Fecha de consulta: 18 de Julio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.petlm.2018.03.007>
58. PIZANO, Santoyo. Bioremediation and Phytoremediation of a Soil impacted by 85,000 ppm of automotive waste oil [En línea] Revista Latinoamericana de Recursos Naturales – volume 15(1), pp 17 – 23, 2019 [Fecha de consulta: 18 de julio del 2022] Disponible en:
ISSN: 1870 - 0667

59. ROBICHAUD, Kawina et al. Bioremediation of engine-oil contaminated soil using local residual organic matter [En línea] Environmental Science – 1 August 2019 [Fecha de consulta: 14 de junio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.7717/peerj.7389>
60. SADAÑOSKI, Marcela et al. Evaluation of bioremediation strategies for treating recalcitrant halo-organic pollutants in soil environments [En línea] Ecotoxicology and Environmental Safety – volume 202 – 2020 [Fecha de consulta: 18 de julio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.110929>
61. SHARMA, Shivendra et al. Characterization of 4T Engine Oil Degrading Indigenous Bacteria Isolated from Semi Arid Zone of Rajasthan (Churu) [En línea] Journal Pharmacy of Technology – 15, January 2022 [Fecha de consulta: 14 de junio del 2022] Disponible en: 10.52711/0974-360X.2022.00033
ISSN: 0974 – 3618
62. SHARMA, Rajni et al. Production, characterization and environmental applications of biosurfactants from *Bacillus amyloliquefaciens* and *Bacillus subtilis* [En línea] Biotechnology – volume 16 – October 2018, pp. 132 – 139 [Fecha de consulta: 18 de julio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2018.07.028>
63. SHITTU, Hakeem et al. Investigating the Genetic Basis of Bioremediation Activity of Corynebacterium and Bacillus Species [En línea] Science Technology Journal – volume 3(1) p. 28 – 29 [Fecha de consulta: 18 de julio del 2022] Disponible en: <https://www.journals.sau.edu.ng/index.php/sjbas/article/view/83/58>
64. SOUMEYA, Silini et al. Biodegradation of used motor oil by *Streptomyces ginkgonis* KM-1–2, isolated from soil polluted by waste oils in the region of Azzaba (Skikda-Algeria) [En línea] Journal of Biotechnology – volume 349, 10 April 2022 [Fecha de consulta: 14 de junio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2022.03.006>
65. TORIMIRO, Nkem et al. Bioprospecting of potential petroleum hydrocarbon degraders using bacterial strains isolated from soils around transformer installation areas [En línea] Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects –

September 2020 [Fecha de consulta: 18 de julio del 2022] Disponible en:
<https://doi.org/10.1080/15567036.2020.1815906>

66. UGWOHA, Ejikeme. Modeling the Biodegradation of Used Engine Oil in Soil [En línea] IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN) – volume 10(7) – 2020 – pp. 17-28 [Fecha de consulta: 18 de julio del 2022] Disponible en:
<https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/64655128/D1007011928-with-cover-page>
67. YANG, Zeyu et al. Biodegradation potential assessment by using autochthonous microorganisms from the sediments from Lac Mégantic (Quebec, Canada) contaminated with light residual oil – [En línea] Chemosphere – volume 239, January 2020 [Fecha de consulta: 14 de junio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.124796>
68. YERIMA, Ibrahim. Bio-remedial Effect of Specific Micro-organisms (Bacteria) on Used Engine Oil: A Case Study of Some Mechanic Workshops in Maiduguri Metropolitan Council (MMC) [En línea] European Journal of Environment & Earth Science – volume 3, 21 May 2020 [Fecha de consulta: 13 de junio del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.24018/ejgeo.2020.1.3.11>
69. YESIMI, Obafemi et al. Plasmid Profiling of Crude Petroleum Degrading Bacterial Strains Isolated from Polluted Soils in Ota, Nigeria [En línea] Annual Research & Review in Biology – volume 25(5) – pp. 1-11, 2019 [Fecha de Consulta: 18 de julio del 2022] Disponible en: [10.9734/ARRB/2018/38152](https://doi.org/10.9734/ARRB/2018/38152)
70. YOUNUS, Rafal et al. Degradation of hydrocarbon substances by some bacterial species isolated from contaminated soils with motor oil [En línea] EurAsian Journal of BioSciences – volume 14, 2020 [Fecha de consulta: 14 de junio del 2022]

ISSN: 1087 – 1095

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de evaluación de expertos.

INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto: Dr. Eduardo Ronald Espinoza Farfan

Institución donde labora : Universidad Cesar Vallejo

Especialidad : Ingeniería Ambiental

Instrumento de evaluación : Ficha de recolección de datos

Autor (s) del instrumento (s): Adderson Edward Bustamante Velarde

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.					X
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: Evaluación y monitoreo de impacto ambiental en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.					X
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: Evaluación y monitoreo de impacto ambiental				X	
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable: Evaluación y monitoreo de impacto ambiental de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.				X	
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.				X	
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.				X	
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					X
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: Evaluación y monitoreo de impacto ambiental					X
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.				X	
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.					X
PUNTAJE TOTAL		45				

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41 "Excelente"; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

PROMEDIO DE VALORACIÓN:

45

Lima, 29 de Setiembre de 2022

Anexo 2: Fichas de recolección de datos

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS									
Título de la Investigación	Autores	Año	Zona de estudio	Tipos de microorganismos	Temperatura	% remoción	Tiempo	Revista	Observaciones



--	--	--



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, QUIJANO PACHECO WILBER SAMUEL, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, asesor de Tesis titulada: "Biorremediación de Suelos Contaminados con Aceite Residual de Talleres Automotrices Revisión Sistemática 2022", cuyo autor es BUSTAMANTE VELARDE ADDERSON EDWARD, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 17.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 21 de Octubre del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
QUIJANO PACHECO WILBER SAMUEL DNI: 06082600 ORCID: 0000-0001-7889 -7928	Firmado electrónicamente por: WLSAMUELQUP el 29-10-2022 13:23:15

Código documento Trilce: TRI - 0435242