



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

**Recuperación de suelos contaminados por hidrocarburos  
utilizando biomasa bacteriana: Revisión sistemática y meta-  
análisis**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniero Ambiental

**AUTORES:**

Acruta Paredes, Leonel Fernando Basilio (ORCID: 0000-0001-5961-6051)

Leyva Lira, Angie Yadira (ORCID: 0000-0002-9975-961X)

**ASESOR:**

Dr. Castañeda Olivera, Carlos Alberto (ORCID: 0000-0002-8683-5054)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA – PERÚ

2021

## **Dedicatoria**

Dedico esta investigación a Bertha Paredes López, Daniel Acruta Sánchez y Stephanie Acruta Paredes, mi familia, por todo el apoyo brindado y la oportunidad de crecer personalmente y académicamente.

Finalmente, dedico este logro a mis abuelos Francisca Sánchez, Basilio Acruta y María López, no es fácil aceptar su ausencia, pero su recuerdo es grato para mi memoria.

**Acruta Paredes, Leonel Fernando  
Basilio**

Dedico esta investigación a Alejandrina Lira Serna y Justo Leyva Moreno, mis padres, por el apoyo que me brindan diariamente para cumplir con mis objetivos, son pieza fundamental en mi vida y sin ustedes nada de esto sería posible. Por otro lado, agradezco a cada persona que pasó por mi vida y de alguna forma influenció y dejó alguna enseñanza positiva para mi crecimiento personal, sin ellos no hubiese podido ser.

**Leyva Lira, Angie Yadira**

## **Agradecimiento**

A Dios por darnos la fuerza y voluntad para seguir adelante, durante los obstáculos de la vida, académicos y profesionales. También agradecemos a nuestras familias por todo su apoyo incondicional en nuestras decisiones, por confiar en nuestro juicio y capacidad para convertirnos en profesionales.

Finalmente, agradecemos a nuestro asesor académico Dr. Carlos Alberto Castañeda Olivera por su paciencia y apoyo incondicional para que esta tesis sea realizada y a la escuela de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo.

## Índice de contenidos

Índice de tablas .....	v
Índice de figuras.....	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	3
III. METODOLOGÍA.....	7
3.1. Tipo y diseño de la investigación.....	7
3.2. Variables y operacionalización .....	8
3.3. Población, muestra y muestreo .....	8
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	9
3.5. Procedimientos.....	10
3.6. Método de análisis de datos.....	13
3.7. Aspectos éticos .....	13
IV. RESULTADOS .....	14
V. DISCUSIÓN.....	30
VI. CONCLUSIONES .....	34
VII. RECOMENDACIONES.....	35
REFERENCIAS.....	36
ANEXOS .....	41

## Índice de tablas

Tabla 1. Investigaciones sobre el uso de biomasa bacteriana para la recuperación de suelos contaminados por hidrocarburos .....	5
Tabla 2. Valoración de instrumentos .....	10
Tabla 3. Cadena de búsqueda .....	11
Tabla 4. Características de los estudios incluidos en la revisión sistemática y meta-análisis.....	16
Tabla 5. Características fisicoquímicas de la biomasa bacteriana .....	19
Tabla 6. Caracterización de los suelos contaminados por hidrocarburos .....	20
Tabla 7. Condiciones operacionales del proceso de adsorción de hidrocarburos	21
Tabla 8. Porcentaje de adsorción de hidrocarburos .....	22
Tabla 9. Calidad metodológica de las investigaciones seleccionadas .....	24

## Índice de figuras

Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de obtención de investigaciones para el meta-análisis.....	14
Figura 2. Meta-análisis de las concentraciones de hidrocarburos respecto al porcentaje de adsorción .....	26
Figura 3. Concentración de hidrocarburos .....	27
Figura 4. Porcentaje de adsorción de hidrocarburos respecto a la biomasa bacteriana.....	28
Figura 5. Porcentaje de adsorción de los diferentes tipos de hidrocarburos .....	29

## Resumen

Los hidrocarburos son considerados uno de los contaminantes más tóxicos, puesto que generan sustancias nocivas para el suelo, lo que conduce al deterioro de su estructura. La investigación tuvo como objetivo evaluar mediante una revisión sistemática y el meta-análisis la eficiencia del uso de biomasa bacteriana para la recuperación de suelos contaminados por hidrocarburos. La metodología se basó en un enfoque cuantitativo, de tipo aplicativo y diseño no experimental. Para la recolección de información se consideró artículos publicados entre enero de 2011 hasta setiembre 2021, utilizándose las bases de datos Web of Science y Scopus. El meta-análisis se realizó mediante el software Review Manager 5.4 (Revman). Los resultados revelaron que las investigaciones incluidas mostraron una heterogeneidad estadística considerable ( $I^2 = 91\%$ ) y que el mayor porcentaje de adsorción de hidrocarburos (100%) fue alcanzado por Jiang et al. (2015) utilizando *Bacillus Thuringiensis*, teniendo una concentración de 500 mg/kg de fenantreno en el suelo. Finalmente, se concluye que la aplicación de biomasa bacteriana es eficiente para la adsorción de hidrocarburos presentes en suelos contaminados, y es una técnica ambientalmente amigable que no genera productos nocivos.

**Palabras clave:** revisión sistemática, meta-análisis, biomasa bacteriana, remoción de hidrocarburo, recuperación de suelos

## Abstract

Hydrocarbons are considered one of the most toxic pollutants, since they generate harmful substances for the soil, which leads to the deterioration of its structure. The objective of this research was to evaluate, through a systematic review and meta-analysis, the efficiency of the use of bacterial biomass for the remediation of soils contaminated by hydrocarbons. The methodology was based on a quantitative approach, of applicative type and non-experimental design. For the collection of information, articles published between January 2011 and September 2021 were considered, using the Web of Science and Scopus databases. The meta-analysis was performed using Review Manager 5.4 software (Revman). The results revealed that the included investigations showed considerable statistical heterogeneity ( $I^2 = 91\%$ ) and that the highest percentage of hydrocarbon adsorption (100%) was achieved by Jiang et al. (2015) using *Bacillus Thuringiensis*, having a concentration of 500 mg/kg phenanthrene in soil. Finally, it is concluded that the application of bacterial biomass is efficient for the adsorption of hydrocarbons present in contaminated soils, and it is an environmentally friendly technique that does not generate harmful products.

**Keywords:** systematic review, meta-analysis, bacterial biomass, hydrocarbon removal, soil remediation

## I. INTRODUCCIÓN

Actualmente el cuidado y preservación del ambiente es un factor fundamental en distintos sectores, lo cual genera que la industria dedicada al rubro de los hidrocarburos tenga la obligación de cumplir ciertos parámetros, por el riesgo de provocar accidentes que impacten negativamente al ambiente y sus componentes (OSINERGMIN, 2019).

Cabe mencionar que los hidrocarburos son compuestos orgánicos considerados hidrofílicos y lipofílicos; es decir, únicamente tienen la capacidad de disolverse en solventes orgánicos por lo que se consideran como un peligro de gran magnitud por causar impactos negativos al ambiente afectando el desarrollo de diferentes especies de animales y plantas, producto de los derrames accidentales. Los suelos contaminados por hidrocarburos se caracterizan por no tener intercambio gaseoso con la atmósfera, por lo que genera diferentes características físico-químicas como el pH, evaporación, capilaridad, temperatura, humedad, materia orgánica y textura del suelo no sean los adecuados (Ordoñez, 2018). Por ello, los hidrocarburos son conocidos como contaminantes con un alto grado de peligrosidad ya que afecta a diferentes ecosistemas que interfieren con el crecimiento y desarrollo adecuado de la flora y fauna (Pino et al., 2012).

Desde el año 2000 hasta el 2019 en el Perú ocurrieron 474 derrames de petróleo y sus derivados en la Amazonía, dentro de los cuales el 65% tiene como causa principal el desgaste de oleoductos y otras fallas de sus procesos (Sierra, 2020).

Es debido a lo anterior que se planteó como problema general: ¿Es eficiente el uso de biomasa bacteriana para adsorber los hidrocarburos en los suelos contaminados?, a su vez se establecieron como problemas específicos ¿Cuáles son las características físico-químicas de la biomasa bacteriana para la recuperación de suelos contaminados por hidrocarburos?, ¿Cuáles son las propiedades físico-químicas del suelo contaminado por hidrocarburos?, ¿Qué tipos de hidrocarburos han sido estudiados como contaminantes de los suelos? y ¿Qué tipos de biomasa bacteriana son las más eficientes para la adsorción de hidrocarburos?

Con referencia a la **justificación de la presente investigación** se tiene que, a nivel ambiental, la aplicación de biomasa bacteriana en suelos contaminados por hidrocarburos es una opción eco-amigable ya que cumple la función de mitigación y/o remoción de este contaminante. A nivel económico, la fabricación de biomasa bacteriana es un método de muy bajo costo debido a que su elaboración se adquiere a partir de ecosistemas naturales y residuos provenientes de actividades humanas. Por último, en el aspecto social, se busca demostrar a la sociedad la importancia de su uso para la recuperación de suelos contaminados por hidrocarburos, con la intención de aportar a la mejora continua de los cultivos y recuperar los suelos expuestos a este contaminante. Finalmente, la cantidad de estudios elaborados sobre recuperación de suelos contaminados por hidrocarburos es muy extensa, y mediante la revisión sistemática y meta-análisis se busca resumir los resultados de las investigaciones más relevantes según el problema planteado.

Asimismo se planteó como objetivo general: evaluar la eficiencia del uso de biomasa bacteriana para la recuperación de suelos contaminados por hidrocarburos entre los años 2011 a 2021, y como objetivos específicos: Identificar las características físico-químicas de la biomasa bacteriana para la recuperación de suelos contaminados por hidrocarburos; identificar las propiedades físico-químicas del suelo contaminado por hidrocarburos; determinar qué tipos de hidrocarburos han sido adsorbidos por biomasa bacteriana e identificar que biomasas bacterianas son eficientes para la recuperación de suelos contaminados.

En la investigación se planteó como hipótesis: el uso de biomasa bacteriana es eficiente para la recuperación de suelos contaminados por hidrocarburos.

## II. MARCO TEÓRICO

**Hidrocarburos, Hidrocarburos**, son mezclas orgánicas de átomos de hidrógeno y carbono, conformados por un enlace que da lugar a cadenas lineales, cíclicas o ramificadas (Animas y Tortolero, 2017). Dentro de los hidrocarburos se tienen a los convencionales y los no convencionales, los primeros están en una roca que funciona de almacén mientras que los segundos se encuentran en condiciones donde no tienen la capacidad de moverse espontáneamente puesto a que están atrapados en una serie de rocas con bajos niveles de permeabilidad y porosidad (Miro, 2016).

Dentro de los hidrocarburos no convencionales se encuentran los hidrocarburos aromáticos policíclicos, que son un conjunto de moléculas orgánicas que se forman por anillos aromáticos fusionados. Los hidrocarburos son encontrados mayormente en el agua y son considerados contaminantes muy tóxicos y cancerígenos (Eeshwarasinghe et al., 2019). En cuanto a los principales compuestos de los hidrocarburos se encuentran la temperatura, el vapor, la presión crítica, punto de congelamiento, calor de vaporización, conductividad térmica, viscosidad, calor específico factor de compresión adiabática, densidad, punto de inflamación, número de octano, número de cetano, entalpía, solubilidad y acidez (Secretaría de Energía, 2003).

Por otra parte, **la contaminación del suelo** por derrame de hidrocarburos es una problemática ambiental debido a que deteriora su calidad, al ser expuesto a estos contaminantes. Esto ocurre cuando el suelo recibe sustancias tóxicas en altas concentraciones, superando su capacidad de autodepuración causadas por diferentes actividades como la ganadería y agricultura indiscriminada, industria, minería, etc. (Jiménez, 2017).

**La biomasa** es una fuente de energía de gran relevancia, en la actualidad es el recurso renovable más utilizado del planeta. Se define como biomasa a cualquier tipo de material orgánico que tenga origen biológico, pudiendo ser de origen vegetal, animal o microbiano (Fernández, 2015).

**La biomasa bacteriana** es beneficiosa y es conocida como promotora del crecimiento vegetal, ya que forma una poderosa herramienta hacia la agricultura sostenible debido a su influencia positiva en el desarrollo vegetal a través de múltiples mecanismos, principalmente pueden proporcionar nutrientes conllevando a aliviar el estrés biótico y abiótico (Bulgarelli et al., 2013).

Ahora bien, sobre **la revisión sistemática** se entiende como una investigación científica que consiste en el análisis de artículos originales teniendo como punto inicial una pregunta objetiva y clara, aplicando un análisis crítico y estrategias para realizar un análisis que integre los estudios relevantes para obtención de resultados y conclusiones válidas. Este método sirve para resumir información relevante sobre un tema específico o problemática (Sánchez, 2010).

Con respecto al **Meta-análisis**, es una investigación donde se emplean diferentes técnicas estadísticas para la evaluación cuantitativa de resultados sobre un conjunto de temas en específico. Esta metodología permite la comparación de múltiples investigaciones para alcanzar una visión más extensa del tema (Martínez et al., 2009).

Analizando la literatura se han encontrado investigaciones sobre el uso de biomasa bacteriana para la adsorción de hidrocarburos en suelos contaminados, tal como se indica en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Investigaciones sobre el uso de biomasa bacteriana para la recuperación de suelos contaminados por hidrocarburos

Tipo de biomasa	Proceso de tratamiento / aplicación	Tipo de hidrocarburo	Tiempo (días)	Resultados	Autor / Año
<b><i>Micrococcus Varians</i></b>	Las muestras extraídas se expusieron a 100 mg/kg de hidrocarburos con una temperatura de 27°C en un periodo de 120 días.	Hidrocarburo aromático policíclicos (HAP)	120	La tasa de eliminación de HAP por <i>Micrococcus Varians</i> , proporcionan un buen material funcional de biorremediación obteniéndose 33 y 43.06% de remoción.	Bisht et al. 2014
<b><i>Enterobacter sp.</i></b>	Las muestras de suelo recogidas se almacenaron a 4 °C en la oscuridad en bolsas de plástico con cremallera antes de su uso para el aislamiento bacteriano y la evaluación de la contaminación por TPH de las muestras.	Hidrocarburo aromático policíclicos (HAP)	21	La aplicación de <i>Enterobacter sp.</i> obtuvo como resultado 44 y 54% en un periodo de 21 días.	Ejaz et al. 2021
<b><i>Achromobacter</i></b>	El suelo se recogió de la capa superficial (0-30 cm y se secó bajo sombra, molido con un mazo de madera y zarandeado en una malla de 5 mm.	Hidrocarburos aromáticos de petróleo (HAP)	240	El uso de <i>Achromobacter</i> en el suelo contaminado con HAP obtuvo un 37.3 y 95% de remoción.	Gonzales et al. 2019
<b><i>Actinobacterias</i></b>	Las muestras de suelo (5,0 g) se colocaron en tubos de centrifuga de vidrio de 60 ml y se extrajeron en un baño de ultrasonidos con 25 ml de tetraclorometano durante 30 minutos y la extracción se repitió tres veces.	Hidrocarburo total de petróleo (TPH)	240	Los resultados evalúan la eficiencia de remediación de <i>Actinobacterias</i> , se obtuvo 72.2 y 76.6%.	Hou et al. 2021
<b><i>Bacillus Thuringiensis</i></b>	Las muestras de suelo fueron recolectadas de la capa superior (0-20cm) de campos agrícolas. Se expuso las muestras al aire libre, se molieron y se tamizó en una malla de 2 mm de abertura, y luego almacenadas para los experimentos en macetas.	Fenantreno	90	La eliminación de fenantreno utilizando el <i>Bacillus Thuringiensis</i> fue significativa, mejorado su eliminación de 95.07 a 100% del fenantreno.	Jiang et al. 2015

Tipo de biomasa	Proceso de tratamiento / aplicación	Tipo de hidrocarburo	Tiempo (días)	Resultados	Autor / Año
<b><i>Enterobacter hormaechei</i></b>	Las submuestras se mezclaron completamente para alcanzar una representación alta. Las frecuencias de muestreo de carbono orgánico (OC), los TPH, el pH y la temperatura fueron quincenales durante el tiempo de compostaje.	Hidrocarburo total de petróleo (TPH)	112	El porcentaje de eliminación haciendo uso de <i>Pseudomonas sp.</i> fue de 90 y 100% de remoción siendo significativo para el tratamiento de suelos.	Koolivand et al. 2020
<b><i>Mycobacterium</i></b>	Las muestras de suelo, se pasaron por un tamiz de malla de cuatro mm tres veces y se mantuvieron en una habitación oscura a 25 ° C durante una semana.	hidrocarburo aromático policíclicos (HAP)	150	La tasa de degradación de pireno por <i>Pseudomonas sp.</i> alcanzó aproximadamente el 96 y 100% con 90 días de incubación.	Li et al. 2021
<b><i>Pseudomonas sp.</i></b>	El tratamiento consistió en el uso de cepas bacterianas en cantidades iguales. Cada combinación de tratamiento se repitió cinco veces en cada muestra de suelo contaminada con petróleo crudo.	Petróleo crudo	65	El uso de <i>Ochrobactrum sp</i> produjo altas eficiencias de eliminación de TPH con 53.41% y 27.01% indicando que su uso es eficiente.	Mitter et al. 2019
<b><i>Pseudomonas sp.</i></b>	Las muestras de suelo, se pasaron por un tamiz de malla de cuatro mm tres veces y se mantuvieron en una habitación oscura a 25 ° C durante una semana.	Pireno	90	La tasa de degradación de pireno por <i>Pseudomonas sp.</i> alcanzó aproximadamente el 96 y 100% con 90 días de incubación.	Salehi et al. 2019
<b><i>Ochrobactrum sp.</i></b>	Las muestras de suelo analizadas se recolectaron de una capa superficial del suelo de 25 cm en planta de coque de Beijing por un modo de muestreo de cinco puntos, luego mezclado y secado al aire, tamizado con tamices de malla 200 y analizado para la concentración de HAP.	Hidrocarburo aromático policíclicos (HAP)	180	El uso de <i>Ochrobactrum sp</i> produjo altas eficiencias de eliminación de TPH con 53.41% y 27.01% indicando que su uso es eficiente.	Xu et al. 2019

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y diseño de la investigación**

La investigación demostró un enfoque cuantitativo porque incluyó la interpretación al sujeto de estudio, lo que significa que el investigador interpretó los fenómenos teniendo en cuenta los significados de otros autores y sus datos obtenidos (Álvarez, Polanco y Ríos, 2014).

La investigación fue de tipo aplicada, la cual busca generar conocimiento teniendo en cuenta problemas sociales y basándose principalmente en hallazgos tecnológicos de la investigación básica considerando la teoría y el producto (Fuentes, Amézquita y Lozada, 2014).

El diseño de la investigación fue no experimental de revisión documental, porque se evitó la manipulación de las variables, enfocándose en la investigación de los fenómenos tal cual se den en su contexto natural, y posteriormente realizar un análisis de lo estudiado (Agudelo, Aigner y Ruiz, 2010).

La investigación fue de nivel descriptivo debido a los análisis que permiten detallar el conjunto de datos, resumir la información más notable y establecer los valores que toman las distintas variables (Lupiáñez et al., 2021). Es por ello, que se describieron las características o distribución de un fenómeno en una población llamándolos estudios descriptivos, estos datos son recogidos del medio natural basándose en la continuidad de su aparición y las características del problema o suceso de salud en la población que se quiere estudiar (Muñoz, 2011).

### 3.2. Variables y operacionalización

En la investigación de revisión sistemática y meta-análisis se determinó como variables independientes y dependientes las siguientes:

- **Variable independiente:** Biomasa bacteriana

**Dimensiones:**

- ✓ Investigaciones
- ✓ Tipos de biomasa bacteriana
- ✓ Condiciones operacionales

- **Variable dependiente:** Recuperación de suelos contaminados por hidrocarburos

**Dimensiones:**

- ✓ Propiedades físico-químicas del suelo contaminado
- ✓ Tipo de hidrocarburo

La matriz de operacionalización de dichas variables se muestra en el **Anexo 1**.

### 3.3. Población, muestra y muestreo

Según López (2004), la **población** se define como un grupo de personas u objetos que son estudiados para un fin en específico, se delimita tomando en consideración tanto los problemas como los objetivos de la investigación. En el presente estudio la población fue de 281 investigaciones referente al uso de biomasas bacteriana para la recuperación de suelos contaminados por hidrocarburos. Los artículos fueron identificados en las bases de datos Web of Science y Scopus dentro del periodo de 10 (diez) años.

Medina, Alfalla y Marín (2010), afirman que la **muestra** es una parte o fracción representativa del objeto de estudio. En el caso del presente estudio la muestra utilizada fue de diez (10) artículos elegidos según criterios determinados que permitieron su elección.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

La **técnica** elegida fue una revisión sistemática, ya que se realizó un procedimiento de recolección y síntesis de antecedentes científicos del objeto de estudio, respondiendo de manera óptima la pregunta general. Por otro lado, también se efectuó el meta-análisis que nos ayudó a analizar los resultados de las investigaciones previas de forma estadística con el objetivo de aceptar o rechazar la hipótesis planteada.

Para la selección de información se elaboraron 5 fichas que se utilizaron como instrumentos, siendo las siguientes:

- Ficha 1. Características de los estudios incluidos en la revisión sistemática y meta-análisis
- Ficha 2. Características de los tipos de biomasa bacteriana
- Ficha 3. Caracterización de los suelos contaminados por hidrocarburos
- Ficha 4. Condiciones operacionales del proceso de adsorción de hidrocarburos
- Ficha 5. Porcentaje de adsorción de hidrocarburos

La validez de una investigación hace referencia al grado en que el instrumento está midiendo la variable. En base a la opinión de profesionales de gran trayectoria, se definió que los instrumentos son válidos y confiables.

La Tabla 2 representa la evaluación que otorgaron los expertos hacia los instrumentos del presente proyecto.

**Tabla 2.** Valoración de instrumentos

<b>Experto</b>	<b>Especialidad</b>	<b>CIP</b>	<b>Valoración</b>
<b>Dr. Castañeda Olivera, Calos Alberto</b>	Tecnología mineral y ambiental	130267	<b>90%</b>
<b>Dr. Acosta Suasnabar, Eusterio Horacio</b>	Ingeniería química y ambiental	89972	<b>90%</b>
<b>Ing. Valdivia Oyarce, Telmo Graciano</b>	Ingeniería ambiental	152827	<b>90%</b>
<b>Promedio</b>			<b>90%</b>

### **3.5. Procedimientos**

Para la elaboración del presente trabajo siguieron los lineamientos metodológicos PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews) que tiene como propósito la mejora de la calidad y autenticidad de la revisión sistemática.

#### **3.5.1 Criterios de inclusión y exclusión**

Fueron incluidas las investigaciones que hicieron uso de biomasa bacteriana para la recuperación de suelos contaminados por hidrocarburos.

Las investigaciones halladas se buscaron en localizaciones geográficas distintas y en el idioma inglés, además debían encontrarse en un rango de los últimos diez (10) años.

#### **3.5.2 Fuentes de información**

Fueron seleccionados diferentes artículos pertenecientes a las bases de datos Web of Science y Scopus, las cuales fueron encontradas mediante la plataforma de la universidad César Vallejo y de otras instituciones.

### 3.5.3 Estrategias de búsqueda

Con el propósito de desarrollar una buena estrategia de búsqueda se usaron las palabras claves y los criterios de exclusión. Asimismo, se consideraron los artículos de investigación para elaborar una revisión sistemática y meta-análisis, con el propósito de tener información beneficiosa y reproducible.

La Tabla 3 muestra los resultados de la investigación en las bases de datos Web of Science y Scopus.

**Tabla 3.** Cadena de búsqueda

<b>Base de datos</b>	<b>Cadena de búsqueda</b>	<b>Cantidad de artículos</b>
<b>Web of Science</b>	biomass AND (bacteria OR bacterial OR bacterium) AND ("contaminated soil" OR "soil contamination" OR "soil pollution" OR "polluted soil") AND ( treatment OR remediat OR recover OR repair OR remediation OR control) AND hydrocarbons	<b>115</b>
<b>Scopus</b>	TITLE-ABS-KEY ( biomass AND ( bacteria OR bacterial OR bacterium ) AND ( "contaminated soil" OR "soil contamination*" OR "soil pollution*" OR "polluted soil" ) AND ( treatment OR remediat* OR recover* OR repair* OR *remediation OR control ) AND hydrocarbons )	<b>166</b>

### 3.5.4 Identificación de documentos relevantes

Se comenzó con una evaluación de las investigaciones provenientes de la cadena de búsqueda, identificando los títulos, resúmenes y las palabras claves. Posteriormente, se desarrolló un análisis de los documentos obtenidos para estudiar la información contenida de manera minuciosa. Es importante mencionar, que se consideraron puntualmente 281 que tenían la posibilidad de cumplir con los objetivos investigativos, no obstante, luego de la evaluación se seleccionaron aquellos estudios que poseía información necesaria para el meta-análisis, es decir 10 artículos.

### **3.5.5 Evaluación de la calidad**

Fue realizada a través del uso de la escala Newcastle – Ottawa por lo que se analizó conforme a 3 factores de selección, comparación y resultado. Siendo que el primer factor es donde se desarrolla la identificación de la muestra, la cual debe representar a la población, en el segundo es donde se elabora una lista de verificación para analizar la comparación de los diferentes artículos encontrados y la tercera es cuando se obtuvieron los resultados al llevar una revisión de los estudios arrojados.

### **3.5.6 Descripción de estudios**

En cada una de las investigaciones que fueron consideradas se describieron los elementos característicos de la biomasa bacteriana conforme a sus propiedades fisicoquímicas. A su vez se caracterizaron los suelos contaminados por hidrocarburos a través de sus propiedades, además del nivel de adsorción que presenta. Para ello, fueron resumidos todos los estudios en diversas tablas indicando la siguiente información:

- Características de los estudios incluidos en la revisión sistemática y meta-análisis
- Características de los tipos de biomasa bacteriana
- Caracterización de los suelos contaminados por hidrocarburos
- Condiciones operacionales del proceso de adsorción de hidrocarburos
- Porcentaje de adsorción de hidrocarburos

### **3.6. Método de análisis de datos**

Para analizar la información fue utilizado el programa RevMan 5.4.1, el cual forma parte de la Colaboración de Cochrane, su objetivo es contribuir con el investigador para que logre desarrollar revisiones y meta-análisis de diversos aspectos referidos a los factores de su estudio. A su vez, la variedad de las investigaciones fue estudiada conforme al diagrama de bosque, con el fin de identificar los intervalos de celeridad.

Para la realización del meta-análisis fueron empleados datos dicotómicos que otorgan mayor validez a una cantidad mínima de estudios escogidos y la consecuencia fue estimada con una valoración del 95% de heterogeneidad, el cual se estudió a través de estadísticas  $Tau^2$ ,  $I^2$  y  $CHI^2$ . Siendo que la  $I^2$  indica el nivel de variación conforme a las estimaciones del efecto que se otorga a la heterogeneidad y no al error del muestreo, para su comprensión se debe tener en cuenta que:

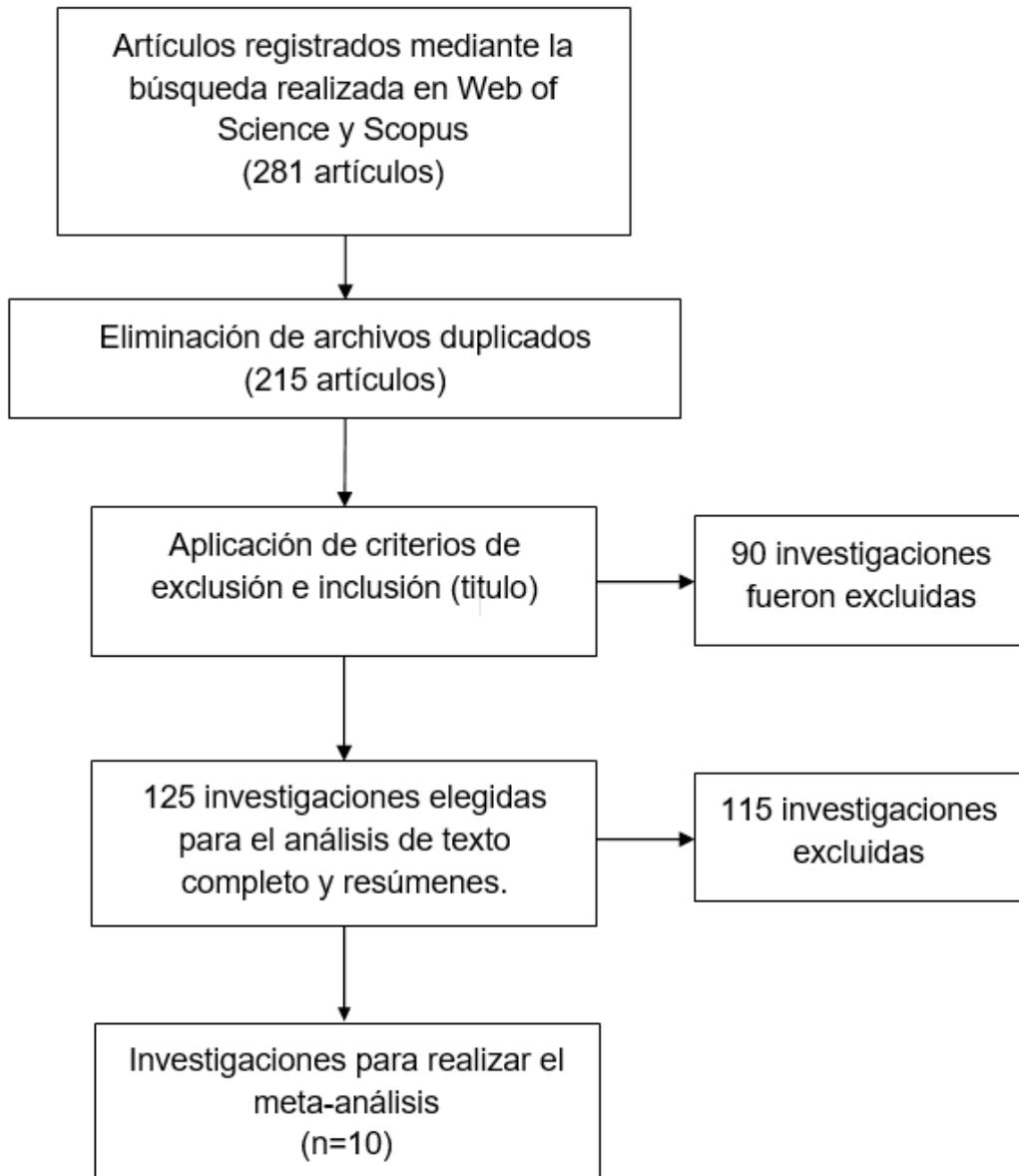
- 0% - 40%: Puede no ser importante
- 30% - 60%: Puede significar heterogeneidad moderada
- 50% - 90%: Puede significar heterogeneidad significativa
- 75% - 100%: Representa heterogeneidad considerable

### **3.7. Aspectos éticos**

Se respetaron los derechos de propiedad intelectual de los autores mencionados. Asimismo, este documento fue sometido al programa Turnitin para la verificación de la información, además se siguió en lo establecido por la guía de productos de investigación formativa aprobada mediante la Resolución del Vicerrectorado de investigación N°117-2020-VI-UCV, también al Protocolo para la sustentación de trabajos de investigación y tesis en entornos virtuales dictaminada mediante la Resolución rectoral N°0216-2020/UCV, guía ISO-690, Reglamento de propiedad intelectual y lineamiento de investigación de la Universidad César vallejo y el código de ética.

#### IV. RESULTADOS

En la Figura 1 se muestra el diagrama de flujo del proceso de obtención de las investigaciones que fueron incluidas en el meta-análisis.



**Figura 1.** Diagrama de flujo del proceso de obtención de investigaciones para el meta-análisis

Durante la obtención de los resultados de los estudios incluidos se dividió en las siguientes etapas:

- Se aplicó la cadena de búsqueda para la identificación de artículos en las bases de datos más reconocidas, tales como, Web of Science y Scopus, obteniendo en esta etapa un total de 281 artículos de investigación.
- Se excluyeron las investigaciones duplicadas, es decir aquellas que se repetían en las bases de datos utilizadas. El resultado obtenido en este primer tamizaje fue de 215 artículos de investigación.
- Se evaluó el título y el resumen de 215 investigaciones obtenidas, en función a los criterios de inclusión y exclusión en el título establecidos de acuerdo con la estrategia PRISMA.
- Fueron excluidos del estudio 90 artículos de investigación por no cumplir con los criterios antes mencionados, se aceptaron 125 investigaciones.
- Según la escala de Newcastle – Ottawa, se aplicó los criterios de inclusión al texto completo de 125 investigaciones.
- Fueron excluidos del estudio 115 investigaciones por no cumplir en el texto completo los criterios de inclusión, debido a que presentaban datos insuficientes para su análisis.
- Se incluyeron 10 investigaciones para la aplicación del meta-análisis, las cuales cumplieron con los criterios de inclusión según la escala de Newcastle – Ottawa.

En la Tabla 4 se presentan las características de los estudios incluidos en la revisión sistemática y meta-análisis.

**Tabla 4.** Características de los estudios incluidos en la revisión sistemática y meta-análisis

Biomasa bacteriana	Condiciones operacionales				Tipo de análisis estadístico	Resultados	Ámbito geográfico	Autores
	Dosis (mg)	Tiempo (días)	pH	Temperatura (°C)				
<i>Micrococcus Varians</i>	Tiempo de contacto Dosis Temperatura				No indica el análisis estadístico.	La eliminación de HAP por bacterias, proporcionan un buen material funcional de remediación de suelos contaminados obteniendo 33 y 43.06 % de remoción.	China	Bisht et al. 2014
<i>Enterobacter sp.</i>	Tiempo de contacto Dosis Temperatura				Software XLSTAT (Addinssoft).	La aplicación de <i>Enterobacter sp.</i> obtuvo como resultado 54 y 44% en un periodo de 21 días.	Pakistán – Punyab	Ejaz et al. 2021
<i>Achromobacter</i>	Tiempo de contacto Dosis Temperatura				ANOVA bivariado.	El uso de <i>Achromobacter</i> en el suelo contaminado con HAP obtuvo un 37.3 y 95% de remoción.	México	Gonzales et al. 2019
<i>Actinobacterias</i>	Tiempo de contacto Dosis Temperatura				PCoA (análisis de coordenadas principales).	Los resultados destacan la importancia de evaluar la eficiencia de remediación de <i>Actinobacterias</i> , se obtuvo 72.2 y 76.6%.	China – Beijing	Hou et al. 2021
<i>Bacillus Thuringiensis</i>	Tiempo de contacto Dosis Temperatura				Microsoft Office Excel 2010. ANOVA bidireccional al análisis.	La eliminación del fenantreno en el suelo con inoculación de <i>Bacillus Thuringiensis</i> fue significativa, obteniendo una eliminación del fenantreno de 95.07 y el 100%.	China	Jiang et al. 2015
<i>Enterobacter hormaechei</i>	Tiempo de contacto Dosis Temperatura				SPSS (V. 18.0) y Microsoft Office Excel 2010.	En un lapso de 112 días se obtuvo 65.8 y 85.1% de remoción de hidrocarburos, usando <i>Enterobacter hormaechei</i> .	Irán – Arak	Koolivand et al. 2020

Biomasa bacteriana	Condiciones operacionales				Tipo de análisis estadístico	Resultados	Ámbito geográfico	Autores
	Dosis (mg)	Tiempo (días)	pH	Temperatura (°C)				
<i>Mycobacterium</i>	Tiempo de contacto Dosis Temperatura				ANOVA – SPSS 20.0.	Se obtuvo 68 y 76% de adsorción haciendo uso de <i>Mycobacterium</i> .	China	Li et al. 2021
<i>Pseudomonas sp.</i>	Tiempo de contacto Dosis Temperatura				Software SAS v9.3 Prueba de Shapiro-Wilk. Análisis de la varianza (ANOVA).	El porcentaje de eliminación haciendo uso de <i>Pseudomonas sp.</i> fue de 90 y 100% de remoción siendo significativo para el tratamiento de suelos.	Canadá – Saskatoon	Mitter et al. 2019
<i>Pseudomonas sp.</i>	Tiempo de contacto Dosis Temperatura				SPSS, versión 19 ANOVA.	La tasa de degradación de pireno por <i>Pseudomonas sp.</i> alcanzó aproximadamente el 96 y 100% con 90 días de incubación.	Iran – Shiraz	Salehi et al. 2019
<i>Ochrobactrum sp.</i>	Tiempo de contacto Dosis Temperatura				SPSS (Versión 18.0 para Windows).	Teniendo en cuenta esos factores en un lapso de 180 días se obtuvo 53.41% y 27.01% de remoción de hidrocarburos.	China	Xu et al. 2019

Se observó en la Tabla 4, los diez (10) artículos considerados en la investigación los cuales fueron publicados en el periodo de 2011 al 2021. Dentro de la muestra de estudio se identificaron las diferentes biomasas bacterianas utilizadas para la adsorción de hidrocarburos en suelos contaminados.

Los resultados obtenidos provienen del uso de biomasa bacteriana para la remediación del suelo contaminado por hidrocarburos, encontrándose en un rango de 33% a 100%. Cabe mencionar que el 100% de las investigaciones incluidas emplearon análisis estadísticos para establecer el porcentaje de adsorción.

En la mayoría de las investigaciones seleccionadas refirieron que el uso de biomasa bacteriana para adsorción de hidrocarburos en suelos contaminados logró valores mayores al 90% en base a las condiciones operacionales, siendo las de mayor importancia e influencia fueron la temperatura, tiempo de contacto, dosis y pH.

En la Tabla 5 se muestra las características fisicoquímicas de la biomasa bacteriana, tales como, masa (mg), temperatura (°C) y humedad (%).

**Tabla 5.** Características fisicoquímicas de la biomasa bacteriana

<b>Biomasa bacteriana</b>	<b>Masa (mg)</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Humedad (%)</b>	<b>Tiempo (días)</b>	<b>Autores</b>
<i>Micrococcus Varians</i>	-	25	-	120	Bisht et al. 2014
<i>Enterobacter sp.</i>	-	28	-	21	Ejaz et al. 2021
<i>Achromobacter</i>	-	29	85	240	Gonzales et al. 2019
<i>Actinobacterias</i>	-	30	60	120	Hou et al. 2021
<i>Bacillus Thuringiensis</i>	-	30	-	90	Jiang et al. 2015
<i>Enterobacter hormaechei</i>	-	35	55	112	Koolivand et al. 2020
<i>Mycobacterium</i>	-	27	25	150	Li et al. 2021
<i>Pseudomonas sp.</i>	-	25	-	65	Mitter et al. 2019
<i>Pseudomonas sp.</i>	-	25	-	90	Salehi et al. 2019
<i>Ochrobactrum sp.</i>	10	30	65	180	Xu et al. 2019

En la Tabla 5 se resume que cada autor aplicó diferentes biomazas bacterianas en distintas condiciones y tiempo de contacto.

En la Tabla 6 se muestra las características de los suelos contaminados por hidrocarburos, detallando la textura del suelo, pH, humedad (%), materia orgánica (MO), tipo de hidrocarburo y su concentración (mg/kg).

**Tabla 6.** Caracterización de los suelos contaminados por hidrocarburos

Textura de suelo	pH	Humedad (%)	MO (%)	Tipo de hidrocarburo	Concentración de hidrocarburo (mg/kg)		Autores
					Ensayo 1	Ensayo 2	
No específica	6	-	-	Hidrocarburo aromático policíclicos (HAP)	25	14	Bisht et al. 2014
No específica	7	-	-	Hidrocarburo aromático policíclicos (HAP)	1000	2000	Ejaz et al. 2021
Franco arcilloso	5.43	85	29.98	Hidrocarburo total de petróleo (TPH)	48.75	76.6	Gonzales et al. 2019
Franco arenoso	7.5	60	-	Hidrocarburo total de petróleo (TPH)	2751	1651	Hou et al. 2021
No específica	7.42	-	-	Fenantreno	200	500	Jiang et al. 2015
No específica	7	55	-	Hidrocarburo total de petróleo (TPH)	10	20	Koolivand et al. 2020
Suelo arcilloso	-	25	-	hidrocarburo aromático policíclicos (HAP)	200	150	Li et al. 2021
Arcilloso limoso	7.3	-	5.7	Petróleo crudo	10000	20000	Mitter et al. 2019
No específica	6.9	-	-	Pireno (PYR)	150	300	Salehi et al. 2019
Franco	7	65	-	hidrocarburo aromático policíclicos (HAP)	100	200	Xu et al. 2019

La Tabla 6 detalló que el estudio realizado por Mitter et al. (2019) mostró un alto grado de concentración de hidrocarburos (20000 mg/kg), el cual es superior a las otras investigaciones incluidas.

En la Tabla 7 se muestra las condiciones operacionales del proceso de adsorción de hidrocarburos indicando el tipo de biomasa bacteriana, muestra de suelo (g), tiempo de contacto (días), pH del suelo y temperatura (°C).

**Tabla 7.** Condiciones operacionales del proceso de adsorción de hidrocarburos

<b>Biomasa bacteriana</b>	<b>Muestra de suelo (g)</b>	<b>Tiempo (días)</b>	<b>pH del suelo</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Autores</b>
<i>Micrococcus Varians</i>	-	120	6	25	-	Bisht et al. 2014
<i>Enterobacter sp.</i>	1000	21	7	28	Conversión de kg a g	Ejaz et al. 2021
<i>Achromobacter</i>	1500	240	5.43	29	-	Gonzales et al. 2019
<i>Actinobacterias</i>	2000	120	7.5	30	Conversión de kg a g	Hou et al. 2021
<i>Bacillus Thuringiensis</i>	-	90	7.42	30	-	Jiang et al. 2015
<i>Enterobacter hormaechei</i>	-	112	7	35	-	Koolivand et al. 2020
<i>Mycobacterium</i>	-	150	-	27	-	Li et al. 2021
<i>Pseudomonas sp.</i>	1500	65	7.3	25	-	Mitter et al. 2019
<i>Pseudomonas sp.</i>	900	90	6.9	25	-	Salehi et al. 2019
<i>Ochrobactrum sp.</i>	5	180	7	30	-	Xu et al. 2019

En la Tabla 7 se determinó que dos estudios (Ejaz et al., 2021 y Hou et al., 2021) trabajaron la dosificación en distintas unidades; por ello, se realizó su conversión de kilogramos (kg) a gramos (g) y en el tiempo de contacto de meses a días, con la finalidad de que los datos sean homogéneos y no presenten ningún inconveniente durante el análisis estadístico.

En la Tabla 8 se indica el porcentaje de adsorción de hidrocarburos, detallando el tipo de biomasa bacteriana, tipo de hidrocarburo, concentración de hidrocarburo (mg/kg) y el porcentaje de adsorción (%).

**Tabla 8.** Porcentaje de adsorción de hidrocarburos

Biomasa bacteriana	Hidrocarburo	Concentración de hidrocarburos (mg/kg)		Porcentaje de adsorción (%)		Autores
		Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 1	Ensayo 2	
<i>Micrococcus Varians</i>	Hidrocarburo aromático policíclicos (HAP)	25	14	43.1	33	Bisht et al. 2014
<i>Enterobacter sp.</i>	Hidrocarburo aromático policíclicos (HAP)	1000	2000	54	44	Ejaz et al. 2021
<i>Achromobacter</i>	Hidrocarburo total de petróleo (TPH)	48.75	76.6	95	37.3	Gonzales et al. 2019
<i>Actinobacterias</i>	Hidrocarburo total de petróleo (TPH)	2751	1651	72.2	76.6	Hou et al. 2021
<i>Bacillus Thuringiensis</i>	Fenantreno	200	500	100	95.1	Jiang et al. 2015
<i>Enterobacter hormaechei</i>	Hidrocarburo total de petróleo (TPH)	10	20	65.8	81.5	Koolivand et al. 2020
<i>Mycobacterium</i>	Hidrocarburo aromático policíclicos (HAP)	200	150	76	68	Li et al. 2021
<i>Pseudomonas sp.</i>	Petróleo crudo	10000	20000	90	100	Mitter et al. 2019
<i>Pseudomonas sp.</i>	Pireno	150	300	96	100	Salehi et al. 2019
<i>Ochrobactrum sp.</i>	Hidrocarburo aromático policíclicos (HAP)	100	200	98	97.5	Xu et al. 2019

En la Tabla 8 se identificó que Ejaz et al. (2021) sentaron diferentes unidades, es por ello, que se realizó la conversión de ppm a mg/kg con la finalidad de que los datos no presenten ningún inconveniente durante el análisis estadístico. La concentración de hidrocarburo mencionado por Koolivand et al. (2020) tiene un valor mínimo (10 mg/kg) a comparación de los 9 restantes.

En cuatro de los artículos de investigación, se observó que el HAP (hidrocarburo aromático policíclico) fue el contaminante que se estudió constantemente, ya que es una sustancia orgánica difícil de degradar. Posteriormente, identificamos cuatro artículos de investigaciones que consideran el petróleo crudo y dos estudios que examinan hidrocarburos de manera individual.

Para la adsorción de hidrocarburos haciendo uso de biomasa bacteriana es eficiente, ya que se identificó que el mínimo valor porcentual es de 33% y el máximo de 100% en las investigaciones realizadas por Bisht et al. (2014) y Jiang et al. (2015), respectivamente.

La Tabla 9 detalla la calidad metodológica de las investigaciones seleccionadas mediante el uso de la escala New Castle – Ottawa.

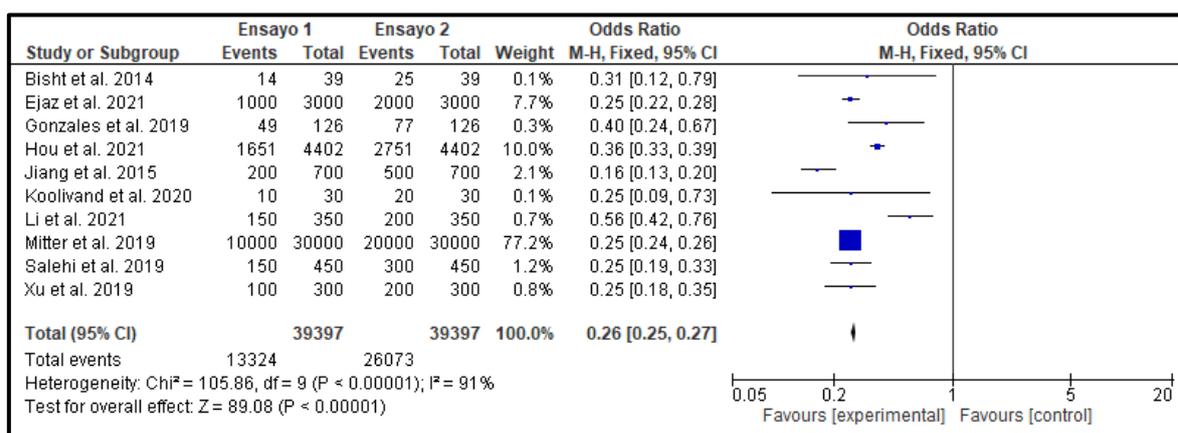
**Tabla 9.** Calidad metodológica de las investigaciones seleccionadas

Investigaciones	New Castle - Ottawa modificada					
	Selección		Resultado		Datos específicos	
	Representatividad	Exposición	Porcentaje de adsorción	Periodo de aplicación	Toxicidad	Seguimiento
Bisht et al. 2014	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Ejaz et al. 2021	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Gonzales et al. 2019	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Hou et al. 2021	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Jiang et al. 2015	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Koolivand et al. 2020	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Li et al. 2021	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Mitter et al. 2019	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Salehi et al. 2019	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Xu et al. 2019	✓	✓	✓	✓	✓	✓

**Representatividad:** Manifiesta si la muestra representa los suelos contaminados con hidrocarburos, **Exposición:** Evalúa las características fisicoquímicas de los suelos contaminados (pH, humedad, % de MO y temperatura), y si la aplicación de la biomasa bacteriana fue eficiente para adsorber hidrocarburos, **Porcentaje de remoción:** Indica si la concentración de hidrocarburos disminuye luego de la aplicación de la biomasa bacteriana, **Periodo de aplicación:** Muestra el tiempo en el que la biomasa bacteriana puede adsorber hidrocarburos en un gran porcentaje, **Toxicidad:** Muestra si el estudio detalla el grado de toxicidad de los suelos contaminados, **Seguimiento:** Si realiza una evaluación de los suelos contaminados pre y post aplicación de la biomasa bacteriana.

## Meta-análisis

En la Figura 2 se indican los diez (10) artículos seleccionados e incluidos para su análisis al Software RevMan 5.4.1. Se determinó cuál es la concentración que adsorbió mayor cantidad de hidrocarburos, los cuales aportaron a la valoración de los porcentajes de adsorción. Se comprobó que las concentraciones varían debido a la aplicación de la biomasa bacteriana, es por ello que las concentraciones de los hidrocarburos y el porcentaje de adsorción son directamente proporcionales.



**Figura 2.** Meta-análisis de las concentraciones de hidrocarburos respecto al porcentaje de adsorción

La razón de momio (Odds Ratio) evalúa el resultado del tratamiento de una población. Es por ello que para realizar una adecuada interpretación se utilizó los siguientes intervalos:

Odds < 1: El tratamiento reduce el porcentaje de adsorción

Odds > 1: El tratamiento aumenta el porcentaje de adsorción

Odds = 1: El tratamiento no muestra ninguna variación

Como se observó en la Figura 2, de acuerdo con los efectos fijos (fijos), hubo heterogeneidad significativa entre los 10 estudios incluidos (I<sup>2</sup> = 91 %, p < 0,0001). La heterogeneidad de los meta-análisis indicó que los métodos experimentales difieren en diferentes áreas, tales como: diseño del estudio, muestras utilizadas, tipo de análisis estadístico utilizado para obtener el porcentaje.

En la Figura 2 el polígono obtenido en el meta-análisis se encuentra alejado de la línea de referencia, por lo que al hacer una comparación con el p-valor <0.00001, se observó que las diferentes concentraciones tienen una gran diferencia, es por ello que, conforme a las valoraciones de peso, Mitter et al. (2019) demostró que existe un gran nivel de adsorción de hidrocarburos con un porcentaje del 77.2%.

### Interpretación de gráficos en Excel

En la Figura 3 se muestran las concentraciones de hidrocarburos presentes en el suelo contaminado.

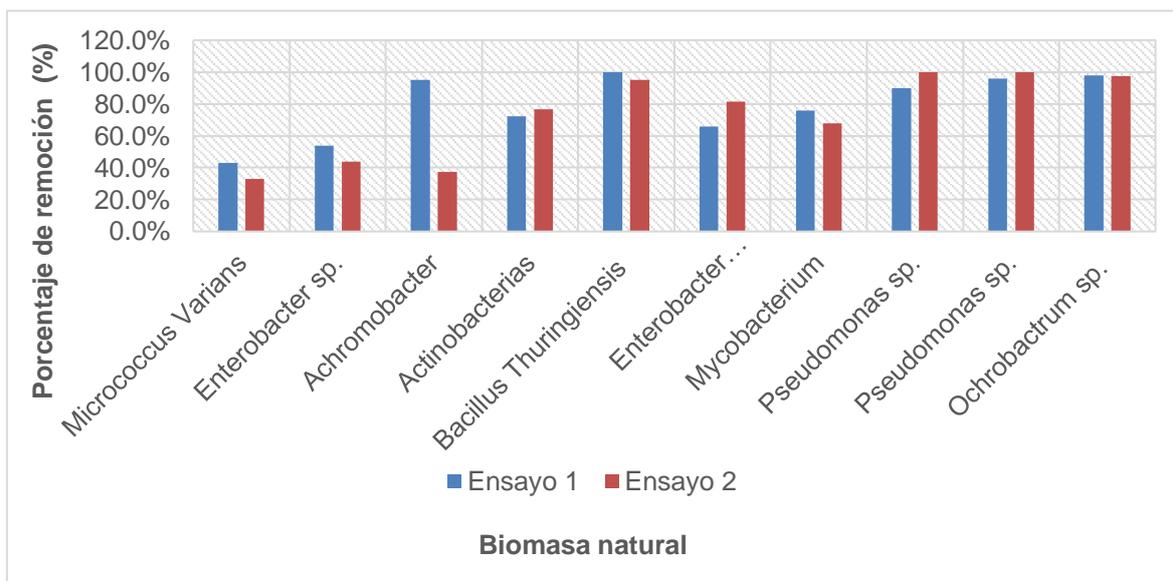


**Figura 3.** Concentración de hidrocarburos

En la Figura 3 se observó que 1 artículo de investigación presentó baja concentración de hidrocarburos (2 a 20 mg/kg), 2 investigaciones mostraron concentración moderada (20 a 80 mg/kg) y 7 investigaciones demostraron una alta concentración (80 a 20000 mg/kg).

Asimismo, se observó en cada una de las investigaciones una disminución significativa de la concentración de los hidrocarburos mediante el uso de biomasa bacteriana obtenidas de distintas materias primas.

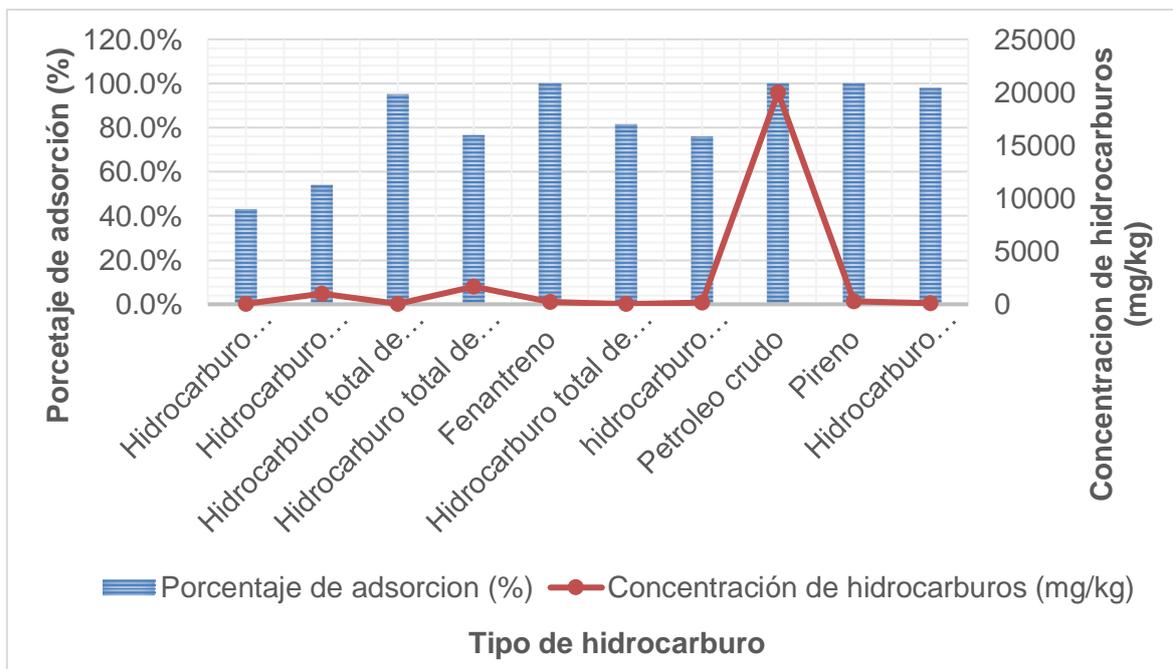
En la Figura 4 se muestra el porcentaje de adsorción de las diferentes biomazas bacterianas.



**Figura 4.** Porcentaje de adsorción de hidrocarburos respecto a la biomasa bacteriana

En la Figura 4 se observó que *Micrococcus Varians* y *Enterobacter sp.*, presentaron porcentajes bajos de adsorción 33 y 44%, respectivamente. Por otro lado, se observó que las biomazas bacterianas como *Ochrobactrum sp.*, *Pseudomonas sp.*, y *Bacillus Thuringiensis* presentaron porcentajes altos de 98, 100 y 100%, respectivamente.

En la Figura 5 se detalla el porcentaje de adsorción de los diferentes tipos de hidrocarburos presentes en los suelos contaminados. Asimismo, los tipos de hidrocarburos de concentraciones bajas y moderadas presentan un mayor porcentaje de adsorción.



**Figura 5.** Porcentaje de adsorción de los diferentes tipos de hidrocarburos

En la Figura 5 se identificó que los hidrocarburos contaminantes del suelo son los HAPs (hidrocarburos aromáticos policíclicos), siendo los de menor concentración los que presentan mayor capacidad de adsorción. Referente a los niveles de adsorción de los HAPs se encuentran entre los rangos de 33 y 98%. De la misma manera se observa que el TPH, es la segunda clase más estudiada, ya que presenta un 98% de adsorción.

## V. DISCUSIÓN

Para el proceso de remoción de compuestos orgánicos realizado en suelos, se ha venido aplicando la biomasa bacteriana por su alto grado de adsorción gracias a su estructura, área superficial, naturaleza química, por las características antes mencionadas tiene una alta capacidad de adsorción. En este estudio fueron incluidos diversos artículos los cuales demostraron que la estructura superficial de la biomasa bacteriana es pieza clave para el proceso de adsorción de hidrocarburos en el suelo, ya que según la comparación realizada a través de la revisión sistemática y el meta-análisis se dedujo que los porcentajes de adsorción más altos se obtuvieron en los ensayos con mayor concentración de hidrocarburos.

En este caso las muestras con mayor grado de concentración fueron encontradas en los estudios de Mitter et al. 2019 (20000 mg/kg), Hou et al. 2021 (2751 mg/kg) y Ejaz et al. 2021 (2000 mg/kg). De acuerdo a los datos obtenidos la utilización de la biomasa bacteriana para la adsorción de hidrocarburos en suelos contaminados resultó ser eficaz ya que presentó un rango de 33 que aumenta al 100%

La investigación hecha por Jiang et al. (2015) tuvo el mayor porcentaje de adsorción (100%) en suelo agrícola, utilizando *Bacillus Thuringiensis* en la adsorción de fenantreno con tiempo de contacto de 90 días y pH igual a 7.42. De igual manera, Mitter et al. (2019) y Salehi et al. (2019) obtuvieron el 100% de adsorción de hidrocarburos.

Por otro lado, Xu et al. (2019) obtuvieron un 98% de adsorción de hidrocarburo aromático policíclico (HAP) utilizando *Ochrobactrum* obtenido a base de desechos agrícolas, aplicándose en una dosis de 100 mg/kg en suelo contaminado con un tiempo de exposición de 180 días.

Las condiciones operacionales tuvieron un alto grado de predominio en la realización del proceso metodológico; los datos como el tiempo de contacto (días), pH, masa (mg) y temperatura (°C) fueron los que predeterminaron el porcentaje de adsorción de hidrocarburos. Lo mencionado se respalda con Koolivand et al. (2020), quienes investigaron la eficiencia del *Enterobacter hormaechei* en que el resultado de adsorción de hidrocarburo total de petróleo (TPH) son 65.8 y 81.5%.

En el estudio, Hou et al. (2021) investigaron la eficiencia de Actinobacterias para adsorber hidrocarburo total de petróleo (TPH), de la misma manera, Li et al. (2021) aplicaron *Mycobacterium* para adsorber los mismos contaminantes.

En base a los estudios mencionados por Xu et al. (2019) y Jiang et al. (2015), revelan que durante el incremento de temperatura (30°C) se obtienen mejores resultados de adsorción de hidrocarburos. Similarmente, Koolivand et al. (2020) investigaron la eficiencia de la *Enterobacter hormaechei* para la adsorción de hidrocarburos aromáticos policíclicos, obteniendo como resultados a sus indicadores con un pH de 7 y tiempo de exposición de 112 días para obtener una eficiencia de 81.5% de adsorción de hidrocarburos.

Según el análisis a través de las tablas comparativas, los resultados más característicos en la reducción de los hidrocarburos aromáticos policíclicos fueron obtenidos por Xu et al. (2019) y Ejaz et al. (2021), donde sus concentraciones de hidrocarburos fueron de 200 y 2000 mg/kg, respectivamente; con un porcentaje de adsorción de 97.5 y 44%, respectivamente. Los artículos mencionados anteriormente realizaron su evaluación en suelos inoculados con hidrocarburos artificialmente, obteniendo resultados favorables.

La investigación de Ejaz et al. (2021) utilizó la especie *Enterobacter* sp., en un suelo artificial. Según los ensayos obtenidos el porcentaje de adsorción de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) fue de 44 y 54%, esto se debe a los resultados y la cantidad de HAP adsorbidos dependen en gran medida del tiempo de contacto, pH, dosis y temperatura.

La mayor concentración de hidrocarburos trabajada fue de 20000 mg/kg, observado en el estudio de Mitter et al. (2019). Los resultados mostraron que la biomasa bacteriana *Pseudomonas* sp. aplicada en suelos contaminados con petróleo crudo presenta un alto porcentaje de adsorción, por ello, la eficiencia de remoción depende directamente de la especie bacteriana utilizada.

Cada biomasa bacteriana presenta diferentes características variando el tiempo de exposición, dosis y temperatura. Para obtener los resultados esperados, Bisht et al. (2014) investigaron la degradación de lixiviados de hidrocarburos de petróleo provenientes de un vertedero, que mostraron el porcentaje de adsorción fue de 43.06% debido a la presencia de agentes naturales en el suelo tales como la humedad, temperatura y pH, por ello es que recomendaron ahondar en la búsqueda de un mejor tratamiento para la reducción de la concentración de estos contaminantes ya que su porcentaje de remoción no fue satisfactorio.

En el estudio de Gonzales et al. (2019) aplicaron *Achromobacter* para la adsorción de hidrocarburo total de petróleo (TPH) presente en el suelo. Como resultado se obtuvo una eficiencia de 95% para una concentración de 48.75 mg/kg en 1500 g de muestra de suelo. Asimismo, Hou et al. (2021) tuvieron una adsorción de 76.6% con una concentración de 1651 mg/kg en 2000 g de muestra de suelo. Por otra parte, ambos resultados varían significativamente en el ensayo 1 y 2.

En los artículos identificados, los inoculantes bacterianos se aplicaron teniendo condiciones diferentes para cada caso, se concluyó que la inoculación de biomasas bacterianas en el suelo de dio lugar a una mayor degradación de hidrocarburos y también se observó un aumento significativo de la actividad de fito-remediación y se redujo significativamente la concentración total de hidrocarburos en el suelo.

La biomasa bacteriana ha resultado ser una técnica eficaz para la adsorción de hidrocarburos en suelos de tipo franco arcilloso, arcilloso limoso, franco arenoso y agrícola. En las investigaciones de Bisht et al. (2014), Ejaz et al. (2021), Jiang et al. (2015) y Salehi et al. (2019) aplicaron biomasa bacteriana para la remoción de hidrocarburo en suelo de tipo agrícola, resaltando que, el mayor porcentaje de adsorción de hidrocarburos (100%) fue obtenido por Jiang et al. (2015) y Salehi et al. (2019) en concentraciones 200 y 300 mg/kg, respectivamente.

Según el meta-análisis de la presente investigación, demostró que el uso de biomasa bacteriana siendo eficiente para la adsorción de hidrocarburos en suelos contaminados. Cada tipo de biomasa bacteriana estuvieron expuestas a condiciones operacionales específicas de acuerdo a la muestra a tratar, teniendo en cuenta el tiempo de exposición, tipo y concentración de hidrocarburo.

## VI. CONCLUSIONES

El uso de biomasa bacteriana fue favorable para la adsorción de hidrocarburos en el suelo. La eficiencia de adsorción de hidrocarburo fue en el rango de 33 al 100%, obteniéndose los mayores valores (100%) en los estudios de Jiang et al. (2015) empleando *Bacillus Thuringiensis* y en el de Mitter et al. (2019) y Salehi et al. (2019) que utilizaron *Pseudomona sp* como biomasa bacteriana.

1. Las características físico-químicas estudiadas en las biomasas bacterianas fueron temperatura (°C), masa (g) y humedad (%).
2. Las características físico-químicas del suelo mayormente estudiadas fueron pH, humedad (%), materia orgánica (%), temperatura (°C) y concentración de hidrocarburos (mg/kg), reduciéndose que a una mayor temperatura entre 25 y 30 °C se obtiene mayor porcentaje de remoción de hidrocarburos.
3. Se encontraron distintos tipos de hidrocarburos en cada artículo de investigación, tales como los aromáticos policíclicos (HAP), fenantreno, petróleo crudo y pireno (PYR). Los tipos de hidrocarburo frecuentemente adsorbidos con el uso de biomasa bacteriana son los aromáticos policíclicos (HAP) y fenoles debido a que se genera a partir de actividades antropogénicas y naturales.
4. La biomasa bacteriana con mayor porcentaje de adsorción dentro de los artículos analizados fue la *Pseudomona sp*, *Ochrobactrum sp.* y *Bacillus Thuringiensis* con valores 98, 100 y 100%, respectivamente.

## **VII. RECOMENDACIONES**

- Trabajar con un tipo de hidrocarburo específico, con el propósito de realizar una comparación más exhaustiva sobre la eficacia y eficiencia de la adsorción de hidrocarburos en el suelo por biomasa bacteriana.
- Comparar la eficiencia del uso de biomasa bacteriana y biomasa fúngica para la remoción de hidrocarburos.
- Hacer una adaptación de la presente investigación biomasa vegetal y hongos para la adsorción de hidrocarburos presentes en el suelo.
- Realizar búsquedas en otras plataformas o bases de datos como SciFinder, Scopus, Web of Science, ScienceDirect, SciELO, ProQuest y EBSCO para obtener una comparación más amplia.
- Evaluar la eficiencia de las biomasa bacteriana para la absorción y adsorción de otros componentes dañinos, tales como metales, pesticidas, plaguicidas, ácidos y solventes.

## REFERENCIAS

ANIMAS, Yisel y TORTOLERO, Luisa. Fundamentos de química orgánica y aplicaciones en ciencias de la Tierra [en línea]. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 2017. [Consultado 02 de mayo 2021]. Disponible en: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/1375831/Fundamentos%20de%20qu%C3%ADmica%20org%C3%A1nica%20y%20aplicaciones%0tierra.pdf?sequence=3>

AGUDELO, G., AIGNEREN, M., y RUIZ, R. J. Experimental y no-experimental. La sociología en sus escenarios. 2010. Disponible en: <https://revistas.udea.edu.co/index.php/ceo/article/view/6545>

ALVAREZ, S. et al. Reflexiones acerca de los aspectos epistemológicos de la agroecología. Cuadernos de desarrollo rural. 2014. vol. 11, no 74, p. 55-74.

BISHT, S., Kumar, V., Kumar, M., Sharma, S. Inoculant technology in *Populus deltoides* rhizosphere for effective bioremediation of Polyaromatic hydrocarbons (PAHs) in contaminated soil, Northern India (2014). *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 26 (9), pp. 786-799. ISSN: 2079052X. DOI: 10.9755/ejfa.v26i9.18436

BULGARELLI, D., et al. Estructura y funciones de la microbiota bacteriana de las plantas. *Annu. Rev. Plant Biol.* 64. 2013. Disponible en: <https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev-arplant-050312-120106>

EESHWARASINGHE, Dinushika, LOGANATHAN, Paripurnanthan y VIGNESWARAN, Saravanamuthu. Simultaneous removal of polycyclic aromatic hydrocarbons and heavy metals from water using granular activated carbon. *Chemosphere* [en línea]. 2019, vol. 223, pp. 616-627. [Fecha de consulta 02 de mayo 2021]. ISSN 18791298. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.02.033>.

EJAZ, M. et al. Isolation and Characterization of Oil-Degrading Enterobacter sp. from Naturally Hydrocarbon-Contaminated Soils and Their Potential Use against the Bioremediation of Crude Oil. Applied Sciences. 2021. vol. 11. ISSN 11083504. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/app11083504>.

FERNÁNDEZ, Jesús. Tecnologías para el uso y transformación de biomasa energética. Ediciones Paraninfo, 2015. 456pp. Disponible en: [https://books.google.com.pe/books?id=k9ISCgAAQBAJ&dq=biomasas+definicion&hl=es&source=gbp\\_navlinks\\_](https://books.google.com.pe/books?id=k9ISCgAAQBAJ&dq=biomasas+definicion&hl=es&source=gbp_navlinks_). ISBN: 8484766748

FUENTES, L. AMÉZQUITA, C. y TORRES LOZADA, P. Application of double filtration with granular activated carbon for Atrazine reduction on water treatment processes. Revista DYNA. 2018, vol. 85, no. 205, pp. 184-190. [Fecha de consulta 15 de abril 2020]. DOI: <https://doi.org/10.15446/dyna.v85n205.68503>. FUNDAMENTOS TEÓRICOS Y.

GONZALES, M. RIVERA, M. y TRUJILLO, A. Decontamination of soil containing oil by natural attenuation, phytoremediation and chemical desorption. 2019. ISSN 1522-6514. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/15226514.2019.1566879>

HOU, J. et al. Soil microbial community and association network shift induced by several tall fescue cultivars during the phytoremediation of a petroleum hydrocarbon-contaminated soil. Science of the Total Environment. Volume 792, 2021. ISSN 148411. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148411>

JIANG, J. et al. Combined remediation of Cd–phenanthrene co-contaminated soil by *Pleurotus cornucopiae* and *Bacillus thuringiensis* FQ1 and the antioxidant responses in *Pleurotus cornucopiae*. Volumen 120, 2015. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2015.06.028>

JIMÉNEZ, B. Introducción a la contaminación de suelos. Mundi-Prensa Libros, 2017. ISBN: 8484767892.

KOOLIVAND, A. et al. Effective scale-up of oily sludge bioremediation from a culture-based medium to a two-phase composting system using an isolated hydrocarbon-degrading bacterium: effect of two-step bioaugmentation. *Journal of Material Cycles and Waste Management*. Volume 22, 2020. ISSN 1475–1483. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10163-020-01036-z>

LASSALLE G. et al. A Multicriteria approach for assessing the recovery of soil functions following high-temperature remediation of hydrocarbons, *Science of The Total Environment*, 2021, Vol. 775, ISSN 0048-9697, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145891>.

LI, N. et al. Enhanced phytoremediation of PAHs and cadmium contaminated soils by a Mycobacterium (2021). *Science of the Total Environment*, 754, art. número 141198. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.141198. ISSN: 00489697.

LÓPEZ, Pedro. Población muestra y muestreo. *Punto cero*, 2004, vol. 9, no 08, p. 69-74.

LUPIÁÑEZ, P., MUÑOZ, J. y TORRES, U., GÓMEZ, F. Estudio descriptivo del síndrome confusional agudo en Urgencias. *Atención Primaria*, Vol. 53, 2021. ISSN 0212-6567. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.aprim.2021.102042>

MIRO. Una aproximación a los hidrocarburos no convencionales en el ámbito internacional y en España [en línea]. *Club español de la energía*. 2016. [Fecha de consulta 02 de mayo de 2021]. Disponible en: [www.enerclub.es](http://www.enerclub.es)

MITTER, E. et al. Potential use of endophytic root bacteria and host plants to degrade hydrocarbons. *International Journal of Phytoremediation*. Volume 21, 2019. ISSN 1522-6514. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/15226514.2019.1583637>

MARTINEZ, M. et al. El meta-análisis en el ámbito de las Ciencias de la Salud: una metodología imprescindible para la eficiente acumulación del conocimiento. *Fisioterapia* pp. 107-114 [Fecha de consulta 16 de agosto de 2020]. Disponible en: <http://www.elsevier.es>.

MEDINA, L. et al. Una propuesta metodológica para la realización de búsquedas sistemáticas de bibliografía. 2010. Disponible en: <https://hdl.handle.net/11441/85530>

MUÑOZ, C. Revisión de conocimientos sobre metodología de la investigación (respuestas al test del vol. 22 –nº 3). *Enfermería Intensiva*, 22(4), 164–169. Doi: 10.1016/j.enfi.2011.09.002.

OSINERGMIN, 2019. Conflictos sociales en la industria de hidrocarburos del Perú: análisis de dos casos representativos. Primera edición. [Fecha de consulta 24 de abril de 2021]. ISSN 2307 – 4272

ORDOÑEZ, B., Didier Arlington et al. Biodegradación de hidrocarburos alifáticos saturados por microorganismos aislados de suelo contaminado con derivados del petróleo. *Rev. cien.* [online]. 2018, vol.22, n.2, pp.33-44. ISSN 0121-1935. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0121-19352018000200033&lang=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-19352018000200033&lang=es)

PIAZZESE, Daniela, et al. Effect of a co-substrate supply in a MBR treating shipboard slop: analysis of hydrocarbon removal, biomass activity and membrane fouling tendency. *Volumen 140*, 2018. ISSN 1369-703X. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.bej.2018.10.003>

PINO, R., Nancy J. et al. Comparación entre bioestimulación y bioaumentación para la recuperación de suelos contaminados con diésel. *Rev. P+L* [en línea]. 2012, vol.7, n.1, pp.101-108. ISSN 1909-0455. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1909-04552012000100010&lang=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-04552012000100010&lang=es)

POURBABAEE, Amad Ali, et al. Root nodulation of alfalfa by *Ensifer melliloti* in petroleum contaminated soil. *Volumen 17*, 2021. ISSN 2452-2198 Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2021.100305>

SANCHEZ, Julio. Cómo realizar una revisión sistemática y un meta-análisis. Aula abierta 2010. Vol. 38, pp. 53-64 [Fecha de consulta: 02 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3316651>

SALEHI, N. et al. The effect of different levels of leachate on phytoremediation of pyrene-contaminated soil and simultaneous extraction of lead and cadmium. Chemosphere. Volumen 246, 2020. ISSN 0045-6535. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.125845>

SECRETARIA DE ENERGÍA. Concepto sobre hidrocarburos. República de Argentina. 2003. [Fecha de consulta 02 de mayo de 2021]. Disponible en: [http://www.energia.gob.ar/contenidos/archivos/Reorganizacion/contenidos\\_didacticos/publicaciones/hidrocarburos.pdf](http://www.energia.gob.ar/contenidos/archivos/Reorganizacion/contenidos_didacticos/publicaciones/hidrocarburos.pdf)

SIERRA, Yvette. 2020. Nuevo informe indica que más de 400 derrames de petróleo afectaron la Amazonía peruana. MONGABAY [en línea]. Disponible en: <https://es.mongabay.com/2020/08/informe-derrames-petroleo-amazonia-peruana/> [consulta: 24 de abril 2020]

XU, C. et al. Enhanced phytoremediation of PAHs-contaminated soil from an industrial relocation site by *Ochrobactrum* sp. Environ Sci Pollut Res. Volume 27, 2020. ISSN 8991–8999. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-05830-7>.

## ANEXOS

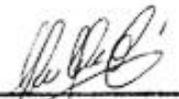
### Anexo 1: Matriz de operacionalización de variables

Título: Recuperación de suelos contaminados por hidrocarburos utilizando biomasa bacteriana: revisión sistemática y meta-análisis									
Variables		Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición/ unidades			
I n d e p e n d i e n t e	<b>Biomasa bacteriana</b>	La <b>biomasa</b> es la parte biodegradable de los productos, desechos y residuos de origen biológico producidos por actividades agrícolas de origen vegetal y de origen animal, del cultivo de bosques, pesquería y la acuicultura, así como los residuos industriales y municipales. Por tanto, las biomasas resultarán de fuentes muy heterogéneas. (De Lucas, 2018)	La investigación fue realizada mediante una revisión sistemática y meta-análisis. Se identificaron las investigaciones relacionadas con biomasa bacteriana, se determinó sus propiedades físicas, químicas y condiciones operacionales.	Características físico-químicas de la biomasa bacteriana	Masa	-			
					Temperatura				
					Humedad				
								Tiempo	días
				Condiciones operacionales	Temperatura	°C			
					Dosis	mg			
					pH del suelo	1 - 14			
Tiempo	días								
D e p e n d i e n t e	<b>Recuperación de suelos contaminados por hidrocarburos</b>	La <b>recuperación de suelos</b> consiste en reestructurar las funciones del suelo después de fuertes alteraciones en sus propiedades, buscando recuperar la biomasa microbiana y a la producción de biomasa vegetal saludable, estimulando la degradación de los contaminantes. (Lassalle,2021) <b>Los hidrocarburos</b> son compuestos	Para la adsorción de hidrocarburos se investigó los parámetros fisicoquímicos del suelo antes y después de la aplicación de biomasas bacteriana. Además, se tomó en cuenta el tipo de hidrocarburo vertido en el suelo. Para verificar el porcentaje de remoción de hidrocarburos se utilizó	Propiedades fisicoquímicas del suelo contaminado	Textura	-			
					Humedad	%			
					Materia orgánica	%			
					pH	0 - 14			
					Alifáticos:	alcanos alquenos alquinos			

Título: Recuperación de suelos contaminados por hidrocarburos utilizando biomasa bacteriana: revisión sistemática y meta-análisis							
Variables		Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores		Escala de medición/ unidades
t e		químicos - orgánicos, generados por la mezcla de átomos de carbono e hidrógeno. Los hidrocarburos se pueden encontrar en estado sólido, semisólido, líquido y gaseoso. (López y Fuentes, 2016)	la siguiente formula:  $\%R = \frac{(Ci - Cf)}{Ci} \times 100$ %R: Porcentaje de retención Ci: Concentración inicial Cf: Concentración final	Tipo de hidrocarburo	Aromáticos	Benceno	-
				Remoción de hidrocarburo	Concentración de hidrocarburo		mg/kg
					Porcentaje de adsorción		%

**Anexo 2:** Instrumentos de validación

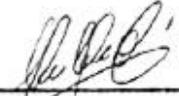
Ficha 1. Características de los estudios incluidos en la revisión sistemática y meta-análisis								
Título		Recuperación de suelos contaminados por hidrocarburos utilizando biomasa bacteriana: revisión sistemática y meta-análisis						
Línea de investigación		Calidad y gestión de los recursos naturales						
Responsables		– Acruta Paredes, Leonel Fernando Basilio – Leyva Lira, Angie Yadira						
Asesor		Dr. Castañeda Olivera, Carlos Alberto						
Biomasa bacteriana	Condiciones operacionales				Tipo de análisis estadístico	Resultados	Ámbito geográfico	Autores
	Dosis (mg)	Tiempo (días)	pH	Temperatura (°C)				

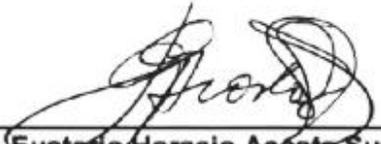
  
 Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera  
 DOCENTE E INVESTIGADOR  
 CIP: 130267  
 RENACYT: P0078275

  
 Dr. Eusebio Horacio Acosta Suasnabar  
 CIP N° 25450

  
 TELMO GRACIANO  
 VALDIVIA OYARCE  
 INGENIERO AMBIENTAL  
 Reg. CIP N° 152827

Ficha 2. Características físico químicas de la biomasa bacteriana					
Título		Recuperación de suelos contaminados por hidrocarburos utilizando biomasa bacteriana: revisión sistemática y meta-análisis			
Línea de investigación		Calidad y gestión de los recursos naturales			
Responsables		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Acruta Paredes, Leonel Fernando Basilio</li> <li>- Leyva Lira, Angie Yadira</li> </ul>			
Asesor		Dr. Castañeda Olivera, Carlos Alberto			
Biomasa bacteriana	Masa (mg)	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Tiempo (días)	Autores

  
 Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera  
 DOCENTE E INVESTIGADOR  
 CIP: 130267  
 RENACYT: P0078275

  
 Dr. Eusebio Horacio Acosta Suasnabar  
 CIP N° 25450

  
 TELMO GRACIANO  
 VALDIVIA OYARCE  
 INGENIERO AMBIENTAL  
 Reg. CIP N° 152827

Ficha 3. Caracterización de los suelos contaminados por hidrocarburos							
<b>Título</b>		Recuperación de suelos contaminados por hidrocarburos utilizando biomasa bacteriana: revisión sistemática y meta-análisis					
<b>Línea de investigación</b>		Calidad y gestión de los recursos naturales					
<b>Responsables</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Acruta Paredes, Leonel Fernando Basilio</li> <li>- Leyva Lira, Angie Yadira</li> </ul>					
<b>Asesor</b>		Dr. Castañeda Olivera, Carlos Alberto					
Textura del suelo	pH	Humedad (%)	M.O. (%)	Tipo de hidrocarburo	Concentración de hidrocarburo (mg/kg)		Autores
					Ensayo 1	Ensayo 2	

M.O. = Materia orgánica.

  
**Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera**  
 DOCENTE E INVESTIGADOR  
 CIP: 130267  
 RENACYT: P0078275

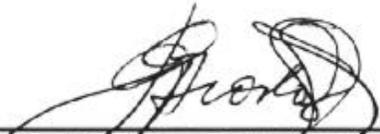
  
**Dr. Eusebio Horacio Acosta Suasnabar**  
 CIP. N° 25450

  
**TELMO GRACIANO VALDIVIA CHARCE**  
 INGENIERO AMBIENTAL  
 Reg. CIP N° 152827

Activar

Ficha 4. Condiciones operacionales del proceso de adsorción de hidrocarburos						
Título		Recuperación de suelos contaminados por hidrocarburos utilizando biomasa bacteriana: revisión sistemática y meta-análisis				
Línea de investigación		Calidad y gestión de los recursos naturales				
Responsables		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Acruta Paredes, Leonel Fernando Basilio</li> <li>- Leyva Lira, Angie Yadira</li> </ul>				
Asesor		Dr. Castañeda Olivera, Carlos Alberto				
Biomasa bacteriana	Muestra de suelo (g)	Tiempo (días)	pH del suelo	Temperatura (°C)	Observaciones	Autores

  
 Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera  
 DOCENTE E INVESTIGADOR  
 CIP: 130267  
 RENACYT: P0078275

  
 Dr. Eusebio Horacio Acosta Suasnabar  
 CIP N° 25450

  
 VALDIVIA  
 HELMO GRACIANO  
 VALDIVIA OYARCE  
 INGENIERO AMBIENTAL  
 Reg. CIP N° 152827

Ficha 5. Porcentaje de adsorción de hidrocarburos						
<b>Título</b>		Recuperación de suelos contaminados por hidrocarburos utilizando biomasa bacteriana: revisión sistemática y meta-análisis				
<b>Línea de investigación</b>		Calidad y gestión de los recursos naturales				
<b>Responsables</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Acruta Paredes, Leonel Fernando Basilio</li> <li>- Leyva Lira, Angie Yadira</li> </ul>				
<b>Asesor</b>		Dr. Castañeda Olivera, Carlos Alberto				
Biomasa bacteriana	Tipo de hidrocarburo	Concentración de hidrocarburos (mg/kg)		Porcentaje de adsorción (%)		Autores
		Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 1	Ensayo 2	

  
**Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera**  
 DOCENTE E INVESTIGADOR  
 CIP: 130267  
 RENACYT: P0078275

  
**Dr. Eusebio Horacio Acosta Suasnabar**  
 CIP N° 25450

  
**TELMO GRACIANO VALDIVIA OYARCE**  
 INGENIERO AMBIENTAL  
 Reg. CIP N° 152827

### Anexo 3. Validación de instrumentos

#### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

##### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Carlos Alberto Castañeda Olivera**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador / UCV Campus Los Olivos**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Tecnología Mineral y Ambiental**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Características de los estudios incluidos en la revisión sistemática y meta-análisis**
- 1.5. Autores del instrumento: **Acruta Paredes, Leonel Fernando Basilio / Leyva Lira, Angie Yadira.**

##### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											✓		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											✓		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											✓		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											✓		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											✓		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											✓		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											✓		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											✓		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											✓		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											✓		

##### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
-

##### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90 %
------

Lima, 14 de junio del 2021

  
**Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera**  
 DOCENTE E INVESTIGADOR  
 CIP: 130267  
 RENACRYT: P0076275

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Carlos Alberto Castañeda Olivera**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador / UCV Campus Los Olivos**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Tecnología Mineral y Ambiental**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Características de los tipos de biomasa bacteriana**
- 1.5. Autores del Instrumento: **Acruta Paredes, Leonel Fernando Basilio / Leyva Lira, Angie Yadira.**

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											✓		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											✓		
3. ACTUALIDAD	Este adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											✓		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											✓		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											✓		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											✓		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											✓		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											✓		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											✓		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											✓		

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
-

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90 %
------

Lima, 14 de junio del 2021

  
**Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera**  
 DOCENTE E INVESTIGADOR  
 CIP: 130267  
 RENACYT: P0076275

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Carlos Alberto Castañeda Olivera**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador / UCV Campus Los Olivos**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Tecnología Mineral y Ambiental**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Caracterización de los suelos contaminados por hidrocarburos**
- 1.5. Autores del Instrumento: **Acruta Paredes, Leonel Fernando Basilio / Leyva Lira, Angie Yadira.**

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											✓		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											✓		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											✓		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											✓		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											✓		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											✓		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											✓		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											✓		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											✓		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											✓		

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
-

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

**90 %**

Lima, 14 de junio del 2021

  
**Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera**  
 DOCENTE E INVESTIGADOR  
 CIP: 130287  
 RENACYT: P0078275

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Carlos Alberto Castañeda Olivera**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador / UCV Campus Los Olivos**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Tecnología Mineral y Ambiental**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Condiciones operacionales del proceso de adsorción de hidrocarburos**
- 1.5. Autores del Instrumento: **Acruta Paredes, Leonel Fernando Basilio / Leyva Lira, Angie Yadira.**

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											✓		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											✓		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											✓		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											✓		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											✓		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											✓		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											✓		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											✓		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											✓		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											✓		

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
-

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

**90 %**

Lima, 14 de junio del 2021

  
**Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera**  
DOCENTE E INVESTIGADOR  
 CIP: 130267  
 RENACRY: P0276275

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Carlos Alberto Castañeda Olivera**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador / UCV Campus Los Olivos**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Tecnología Mineral y Ambiental**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Porcentaje de adsorción de hidrocarburos**
- 1.5. Autores del Instrumento: **Acruta Paredes, Leonel Fernando Basilio / Leyva Lira, Angie Yadira.**

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											✓		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											✓		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											✓		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											✓		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											✓		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											✓		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											✓		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											✓		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											✓		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											✓		

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
-

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

**90 %**

Lima, 14 de junio del 2021

  
**Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera**  
 DOCENTE E INVESTIGADOR  
 CIP: 130287  
 RENACYT: P0078275

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Acosta Suasnabar, Eusterio Horacio**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente / UCV Campus Los Olivos**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Ingeniería Química y Ambiental**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Características de los estudios incluidos en la revisión sistemática y meta-análisis**
- 1.5. Autores del Instrumento: **Acruta Paredes, Leonel Fernando Basilio / Leyva Lira, Angie Yadira.**

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											✓		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											✓		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											✓		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											✓		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											✓		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											✓		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											✓		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											✓		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											✓		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											✓		

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
-

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

**90 %**

Lima, 14 de junio del 2021

  
 Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar  
 CIP. N° 25450

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Acosta Suasnabar, Eusterio Horacio**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente / UCV Campus Los Olivos**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Ingeniería Química y Ambiental**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Características de los tipos de biomasa bacteriana**
- 1.5. Autores del Instrumento: **Acruta Paredes, Leonel Fernando Basilio / Leyva Lira, Angie Yadira.**

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											✓		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											✓		
3. ACTUALIDAD	Este adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											✓		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											✓		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											✓		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											✓		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											✓		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											✓		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											✓		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											✓		

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

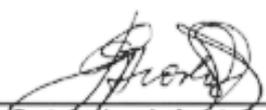
- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
-

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

**90 %**

Lima, 14 de junio del 2021

  
 Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar  
 CIP N° 25450

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Acosta Suasnabar, Eusterio Horacio**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente / UCV Campus Los Olivos**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Ingeniería Química y Ambiental**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Caracterización de los suelos contaminados por hidrocarburos**
- 1.5. Autores del Instrumento: **Acruta Paredes, Leonel Fernando Basilio / Leyva Lira, Angie Yadira.**

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											✓		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											✓		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											✓		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											✓		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											✓		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											✓		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											✓		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											✓		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											✓		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											✓		

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

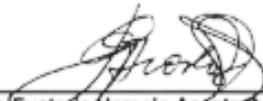
- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
-

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

**90 %**

Lima, 14 de junio de 2021

  
 Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar  
 CIP. N° 25450

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Acosta Suasnabar, Eusterio Horacio**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente / UCV Campus Los Olivos**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Ingeniería Química y Ambiental**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Condiciones operacionales del proceso de adsorción de hidrocarburos**
- 1.5. Autores del Instrumento: **Acruza Paredes, Leonel Fernando Basilio / Leyva Lira, Angie Yadira.**

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											✓		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											✓		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											✓		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											✓		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											✓		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											✓		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											✓		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											✓		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											✓		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											✓		

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
-

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

**90 %**

Lima, 14 de junio de 2021

  
 Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar  
 CIP N° 25450

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Acosta Suasnabar, Eusterio Horacio**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente / UCV Campus Los Olivos**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Ingeniería Química y Ambiental**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Porcentaje de adsorción de hidrocarburos**
- 1.5. Autores del Instrumento: **Acruta Paredes, Leonel Fernando Basilio / Leyva Lira, Angie Yadira.**

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											✓		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											✓		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											✓		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											✓		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											✓		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											✓		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											✓		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											✓		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											✓		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											✓		

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
-

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

**90 %**

Lima, 14 de junio de 2021

  
 Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar  
 CIP N° 25450

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Ing. Valdivia Oyarce, Telmo Graciano**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Supervisión de Obra / Corporación Peruana de Ingeniería S.A.**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Ingeniería Ambiental**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Características de los estudios incluidos en la revisión sistemática y meta-análisis**
- 1.5. Autores del Instrumento: **Acruta Paredes, Leonel Fernando Basilio / Leyva Lira, Angie Yadira.**

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											✓		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											✓		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											✓		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											✓		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											✓		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											✓		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											✓		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											✓		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											✓		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											✓		

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
-

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

**90 %**

Lima, 14 de junio del 2021

  
**TELMO GRACIANO**  
 WALDIVIA OYARCE  
 INGENIERO AMBIENTAL  
 Reg. CIP N° 152827

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Ing. Valdivia Oyarce, Telmo Graciano**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Supervisión de Obra / Corporación Peruana de Ingeniería S.A.**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Ingeniería Ambiental**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Características de los tipos de biomasa bacteriana**
- 1.5. Autores del Instrumento: **Acruta Paredes, Leonel Fernando Basilio / Leyva Lira, Angie Yadira.**

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											✓		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											✓		
3. ACTUALIDAD	Este adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											✓		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											✓		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											✓		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											✓		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											✓		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											✓		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											✓		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											✓		

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
-

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

<b>90 %</b>
-------------

Lima, 14 de junio del 2021

  
**TELMO GRACIANO VALDIVIA OYARCE**  
 INGENIERO AMBIENTAL  
 Reg. CIP N° 152927

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Ing. Valdivia Oyarce, Telmo Graciano**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Supervisión de Obra / Corporación Peruana de Ingeniería S.A.**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Ingeniería Ambiental**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Caracterización de los suelos contaminados por hidrocarburos**
- 1.5. Autores del Instrumento: **Acruta Paredes, Leonel Fernando Basilio / Leyva Lira, Angie Yadira.**

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											✓		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											✓		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											✓		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											✓		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											✓		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											✓		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											✓		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											✓		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											✓		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											✓		

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
-

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

**90 %**

Lima, 14 de junio de 2021

  
 TELMO GRACIANO  
 VALDIVIA OYARCE  
 INGENIERO AMBIENTAL  
 Reg. CIP N° 152327

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Ing. Valdivia Oyarce, Telmo Graciano**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Supervisión de Obra / Corporación Peruana de Ingeniería S.A.**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Ingeniería Ambiental**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Condiciones operacionales del proceso de adsorción de hidrocarburos**
- 1.5. Autores del Instrumento: **Acruta Paredes, Leonel Fernando Basilio / Leyva Lira, Angie Yadira.**

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											✓		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											✓		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											✓		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											✓		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											✓		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											✓		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											✓		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											✓		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											✓		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											✓		

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
-

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

**90 %**

Lima, 14 de junio de 2021

  
**TELMO GRACIANO VALDIVIA OYARCE**  
 INGENIERO AMBIENTAL  
 Reg. CIP N° 152327

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Ing. Valdivia Oyarce, Telmo Graciano**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Supervisión de Obra / Corporación Peruana de Ingeniería S.A.**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Ingeniería Ambiental**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Porcentaje de adsorción de hidrocarburos**
- 1.5. Autores del Instrumento: **Acruta Paredes, Leonel Fernando Basilio / Leyva Lira, Angie Yadira.**

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											✓		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											✓		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											✓		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											✓		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											✓		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											✓		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											✓		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											✓		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											✓		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											✓		

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
-

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

**90 %**

Lima, 14 de junio de 2021

  
 TELMO GRACIANO  
 VALDIVIA OYARCE  
 INGENIERO AMBIENTAL  
 Reg. CIP N° 152927