



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Revisión sistemática de la eficiencia del grupo bacteriano
Pseudomonas en la biorremediación de suelos
contaminados con hidrocarburos.**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

AUTORES:

De la Cruz Quispe, Marcia Melany (orcid. org/ 0000 000320494418)

Requejo Merino Erik Jesús (orcid. org/ 0000-0002-4065-619X)

ASESOR:

Dr. Ordoñez Gálvez Julio (orcid. org/ 0000-0002-3419-7361)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y gestión de los recursos naturales

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio
climático

LIMA NORTE - PERÚ

2022

Dedicatoria

A nuestros seres queridos entre ellos nuestros padres y familiares más cercanos, ya que nos han permitido guiar nuestros caminos y también a Dios quien es el soporte para darnos paz en los momentos más difíciles de nuestras vidas.

Agradecimientos

A la Universidad César Vallejo por brindarnos las herramientas para poder formarnos como profesionales en la carrera de ingeniería y motivarnos a través de su enseñanza a no rendirnos por más difícil que sean los momentos.

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria	ii
Agradecimientos.....	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras.....	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGÍA.....	12
3.1. Tipo y diseño de investigación	12
3.2. Variables y operacionalización.....	12
3.3. Población, muestra y muestreo.....	13
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	14
3.5. Procedimiento	16
3.5.1 Planteamiento de la pregunta de investigación.....	17
3.5.2. Selección de fuentes bibliográficas	17
3.5.3.Estrategias de búsqueda	17
3.5.4. Identificación de bibliografías	18
3.6. Método de análisis de datos.....	18
3.7. Aspectos éticos	19
IV. RESULTADOS.....	20
V. DISCUSIÓN	59
VI. CONCLUSIONES	66
VII. RECOMENDACIONES.....	68
REFERENCIAS.....	69
ANEXOS	

Índice de tablas

Tabla 1. Fichas de recolección de datos	14
Tabla 2. Tabla de validación de los instrumentos.....	15
Tabla 3. Cadena de búsqueda	18
Tabla 4. Calidad metodológica de los estudios incluidos.	22
Tabla 5. Estudios para la revisión sistemática.....	24
Tabla 6. Tipos de Pseudomonas que participan en la biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos	26
Tabla 7. Condiciones operacionales de crecimiento del grupo bacteriano Pseudomonas en la biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos. ..	32
Tabla 8. Parámetros fisicoquímicos de los suelos contaminados con hidrocarburos antes y después de su tratamiento.....	41
Tabla 9. Porcentajes de remoción alcanzado y tipos de suelo.....	48
Tabla 10. Porcentaje de remoción de hidrocarburos.....	51
Tabla 11. Tipo de métodos para la identificación y cuantificación de los hidrocarburos	56

Índice de figuras

Figura 1. Procedimiento de la revisión sistemática	16
Figura 2. Diagrama de flujo del procedimiento de selección de los artículos.	20
Figura 3. Artículos registrados en la base de datos Scopus y Web of Science.....	25
Figura 4. Tipos de Pseudomonas participantes en los estudios de remoción de hidrocarburos del suelo.	29
Figura 5. Métodos de Biorremediación aplicados.....	30
Figura 6. Método de identificación genotípica.	31
Figura 7. Condiciones operacionales del grupo bacteriano Pseudomonas.....	35
Figura 8. Dosis bacteriana inicial y final por estudio.....	37
Figura 9. Dosis bacteriana inicial y final por estudio.....	38
Figura 10. Actividad bacteriana reductora de hidrocarburos.	40
Figura 11. pH de los suelos contaminados antes y después del tratamiento	43
Figura 12. Temperatura inicial y final de las muestras de suelo.....	44
Figura 13. Humedad del suelo antes y despues del tratamiento.....	45
Figura 14. Conductividad eléctrica del suelo contaminado con hidrocarburos antes y después.....	46
Figura 15. Materia orgánica de los suelos.....	47
Figura 16. Tipos de suelo usados en la biorremediación de hidrocarburos y sus porcentajes de remoción.	49
Figura 17. Tipos de hidrocarburos degradados por estudio	53
Figura 18. Porcentaje de remoción de hidrocarburos en función a la concentración inicial y final.....	54
Figura 19. Método de identificación y cuantificación de hidrocarburos por estudio...	57

RESUMEN

La contaminación de suelos con hidrocarburos es un problema que afecta a los ecosistemas por su difícil degradación y toxicidad, uno de estos medios afectados es el suelo, en consecuencia, las bacterias, hongos y plantas, se han utilizado para mitigar este problema. Esta investigación evaluó mediante una revisión sistemática la eficiencia del grupo bacteriano *Pseudomonas* en la biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos. El método de la investigación tuvo un enfoque cuantitativo de tipo aplicado, el diseño fue no experimental de revisión documental y de nivel descriptivo. Se recopilaron 485 estudios de las bases de datos como Scopus y Web of Science de 2018 a 2022. Los resultados mostraron que las especies de *Pseudomonas* de los estudios analizados trabajaron solas o en consorcios y crecieron a pH neutro entre 10°C y 37.5°C con periodos de incubación de 2 a 30 días y aplicabilidad en el suelo hasta 90 días, el mayor porcentaje de remoción encontrado fue 92.40% por ***Pseudomonas spp.***, la revisión también citó a otras especies de este género y su aplicabilidad, así como la caracterización de los suelos contaminados, es así que se demostró la eficiencia de este grupo bacteriano para consumir hidrocarburos del suelo.

Palabras claves: Biorremediación, *Pseudomonas*, biodegradación, hidrocarburos.

ABSTRACT

Soil contamination with hydrocarbons is a problem that affects ecosystems due to its difficult degradation and toxicity, one of these affected environments is the soil, consequently, bacteria, fungi and plants have been used to mitigate this problem. This research evaluated through a systematic review the efficiency of the bacterial group *Pseudomonas* in the bioremediation of soils contaminated with hydrocarbons. The research method was of a quantitative approach of applied type, the design was non-experimental of documentary review and descriptive level. A total of 485 studies were collected from databases such as Scopus and Web of Science from 2018 to 2022. The results showed that the *Pseudomonas spp.* in the analyzed studies worked alone or in consortia and grew at neutral pH between 10°C and 37.5°C with incubation periods from 2 to 30 days and applicability in soil up to 90 days, the highest percentage of removal found was 92.40% by *Pseudomonas spp.*, the review also cited other species of this genus and their applicability, as well as the characterization of contaminated soils, thus demonstrating the efficiency of this bacterial group to consume hydrocarbons from the soil.

Key words: Bioremediation, *Pseudomonas*, biodegradation, hydrocarbons.

I. INTRODUCCIÓN

Los hidrocarburos se encuentran en la naturaleza en estado líquido como el petróleo crudo y en forma de gas debido a la descomposición de la materia orgánica y a las reacciones térmicas de millones de años, además son muy importantes porque se usan en muchos productos como plásticos, ropa, detergentes, medicamentos y combustibles (Pérez, 2018). Asimismo, estos compuestos generan impactos ambientales severos al ambiente durante su extracción, manipulación, almacenamiento, refinación y transporte, ocasionando la pérdida de biodiversidad en suelos y agua (Muñoz y Pacheco, 2017).

Según la cadena Cable New Network (2021), en 1991 se registró el mayor derrame de petróleo durante la Guerra del Golfo Pérsico, liberándose hasta 336 millones de galones de crudo, asimismo, en 2010 una explosión de la plataforma petrolera Transocean Ltd. Deepwater Horizont liberó 168 millones de galones en el Golfo de México, en ambos casos se dañó gravemente los ecosistemas desde los mares hasta las costas.

De manera análoga, en 2018 se derramó 24000 barriles de petróleo en Colombia por la empresa Ecopetrol y 12000 barriles en la península Paria del Río Guarapiche en Venezuela, también en Ecuador se estimó el derrame de 15800 barriles como consecuencia de la ruptura del ducto de la empresa, Oleoducto de crudos pesados (OCP), en todos los sucesos mencionados se afectó la flora, fauna y comunidades repercutiendo sobre la economía local (MONGABAY, 2022).

De igual manera, en el Perú los grandes derrames de petróleo se asocian a los 474 vertimientos del Oleoducto Norperuano en la selva norte y central, desde el 2000 al 2019, según los informes, el 65% estuvo ocasionado por fallas en la infraestructura y corrosiones de los ductos petroleros (Zúñiga y León, 2020). Asimismo, el 15 de abril de 2022 la empresa Repsol derramó 11900 barriles de combustible al mar, afectando

más de 24 playas (80km de longitud), flora y fauna marina, así como la economía local basada en la pesca (ONU, 2022).

En consecuencia, cuando los hidrocarburos contaminan el suelo dañan su estructura produciendo un desequilibrio que altera su funcionalidad, ya que este actúa como un amortiguador de las sustancias contaminantes. Según Rakowska (2020), los hidrocarburos son absorbidos fácilmente por la materia orgánica del suelo y son de difícil degradación, porque son compuestos hidrofóbicos, es decir no solubles en agua, entonces, los productos petroquímicos dificultan el intercambio de aire, lo que provoca una acumulación que ocasiona un déficit en el crecimiento de las plantas afectando por último a la salud humana ya que la cadena alimenticia se ve alterada.

Ante este problema, la ciencia ha usado la técnica de biorremediación, ya que existen microorganismos que producen enzimas y biosurfactantes para consumir hidrocarburos y utilizarlos para su crecimiento (Deshmuj y Kathwathe, 2022). Asimismo, uno de estos microorganismos son las bacterias del género *Pseudomona*, porque consumen hidrocarburos. Según Sunita y Vivek (2020), la biorremediación de hidrocarburos con *Pseudomona* es efectiva, ya que pueden tener porcentajes de remediación del 67%. De la misma forma, las especies de este género *Pseudomona* pueden remediar el 80 y 90% de hidrocarburos totales del petróleo (Alif, 2017).

Ante lo expuesto, en la presente investigación se realizó una revisión sistemática de la eficiencia del grupo bacteriano *Pseudomonas* en la biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos y será importante para conocer a través de los diversos estudios, cuáles son los tipos de *Pseudomonas* que biodegradan hidrocarburos, las condiciones operacionales de crecimiento bacteriano para la biorremediación, los parámetros fisicoquímicos contaminados del suelo antes y después del tratamiento y los porcentajes de remoción de hidrocarburos.

La problemática mencionada permite formular las interrogantes, **problema general:** ¿Cuál es la eficiencia del grupo bacteriano *Pseudomonas* en la biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos mediante una revisión sistemática? y como **problemas específicos** se plantearon las siguientes

interrogantes: ¿Cuáles son los tipos de Pseudomonas que participan en la biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos mediante una revisión sistemática?, ¿Cuáles son las condiciones operacionales de crecimiento adecuado del grupo bacteriano Pseudomonas en la biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos mediante una revisión sistemática?, ¿Cuáles son los principales parámetros fisicoquímicos del suelo participantes en la biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos por el grupo bacteriano Pseudomona mediante una revisión sistemática? y ¿Cuál es el porcentaje de remoción de suelos contaminados con hidrocarburos por medio del grupo bacteriano Pseudomona mediante una revisión sistemática?

La justificación de la investigación es la contaminación de los suelos con hidrocarburos, la que se divide en tres aspectos: ambiental, social y económico. En el **aspecto ambiental**, busca contribuir con la recopilación de estudios sobre la eficiencia del grupo bacteriano Pseudomona en la biorremediación de hidrocarburos y mostrar la biorremediación como una alternativa sostenible para el planeta. En el **aspecto económico**, se explica a la biorremediación como una alternativa económica porque estas bacterias viven en la naturaleza y su recuperación es de fácil acceso. En el **aspecto social** se busca contribuir e informar sobre los beneficios que trae el uso de bacterias para la remediación de suelos contaminados con hidrocarburos y su aplicabilidad en otros estudios ayuden a enfrentar positivamente la problemática planteada.

El objetivo general de la presente investigación es: determinar la eficiencia del grupo bacteriano Pseudomonas en la biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos mediante una revisión sistemática y como **objetivos específicos**: identificar los tipos de Pseudomonas que participan en la biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos mediante una revisión sistemática, identificar las condiciones operacionales de crecimiento del grupo bacteriano Pseudomonas en la biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos mediante una revisión sistemática, determinar los principales parámetros fisicoquímicos del suelo contaminado antes y después participantes en la biorremediación de hidrocarburos por

el grupo bacteriano Pseudomona mediante una revisión sistemática y determinar el porcentaje de remoción de suelos contaminados con hidrocarburos por medio del grupo bacteriano Pseudomona mediante una revisión sistemática, finalmente la **hipótesis general** es, la eficiencia del grupo bacteriano Pseudomonas influye positivamente en la biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos mediante una revisión sistemática.

II. MARCO TEÓRICO

Los hidrocarburos son compuestos orgánicos que están constituidos por átomos de carbono e hidrógeno, además se clasifican en alifáticos y aromáticos (Guixiang et al., 2018). Los hidrocarburos alifáticos se clasifican en alcanos, alquenos y alquinos, mientras los **hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP)** están relacionados al benceno y sus derivados policíclicos como el naftaleno, antraceno, fenantreno y otros compuestos más complejos (Zubizarreta et al., 2018).

Por otro lado, los **hidrocarburos totales del petróleo (HTP)**, son compuestos químicos originados a partir del petróleo crudo, aquí se encuentra el hexano, benceno, tolueno, fluoreno, combustibles de aviones, aceites, entre otros productos del petróleo y componentes de la gasolina, además los (HTP) están formados por átomos de hidrógeno y 29 carbonos, asimismo, algunos (HTP) pueden ser líquidos e incoloros y pueden evaporarse fácilmente, mientras que otros son líquidos espesos y no pueden volatilizarse (Castaño y Rodríguez, 2018).

Además, los hidrocarburos son muy tóxicos para las diversas formas de vida, dañando los ecosistemas, entre ellos el suelo, alterando su funcionabilidad (Bharatkumar et al., 2020). En consecuencia, se han usado diferentes métodos para contrarrestar estos efectos, uno de ellos es la biorremediación con las bacterias del grupo *Pseudomonas*.

Asimismo, el grupo bacteriano *Pseudomonas* está conformado por bacterias Gram negativas ya que tienen una pared celular delgada, además pertenecen al género bacilar de la familia *Pseudomonadaceae*, presentan flagelos polares, no fermentan la glucosa y son infecciosas en los humanos, plantas y animales, este género bacteriano consta de muchas especies como *P. aeruginosa*, *P. fluorescens* y *P. putida*, etc., y al microscopio se observan como bacilos rectos o curvados con disposición solitaria o en parejas que miden entre 0.5 -1.0 por 1.5 a 5 μm (Murray, Rosenthal y Pfaller, 2021). Las bacterias del género *Pseudomona* viven en el suelo, agua y también a temperaturas bajas llamadas psicrófilas (Ramos, Goldberg y Filloux, 2015). Estas bacterias son conocidas como degradadores flexibles, participando en la

biorremediación de superficies de plantas y ambientes marinos o de agua dulce, lodos y suelos contaminados con hidrocarburos (Furmanczy et al., 2018). Además, estas bacterias producen biosurfactantes o enzimas degradadoras, que son consideradas como biodegradables y amigables con el ambiente (Olosanmi y Thrimg 2018). También estos biosurfactantes son utilizados para recuperar ambientes contaminados con hidrocarburos debido a su ventajas como la biodegradabilidad y la baja toxicidad (Karlapudi et al., 2018).

También, la biorremediación está considerada como una técnica para la remediación de contaminantes como los hidrocarburos (Cai et al., 2021). De igual manera, Chen et al. (2020), es una técnica donde se introducen bacterias degradadoras o nutrientes que sean capaces de metabolizar contaminantes.

Según Vasilyeva (2020), la biorremediación es rentable para los problemas de contaminación de suelos, siendo un método de bajo costo y bueno con el ambiente a comparación de otros métodos físicos y químicos de restauración de suelos. De igual manera, en la biorremediación se usan microorganismos y metabolitos para lograr que los hidrocarburos sean más accesibles en la degradación (Vázquez et al., 2017).

Asimismo Lujan (2019), existen dos tipos de biorremediación; in situ que consiste en el tratamiento de aguas, suelos o arenas contaminadas sin extraerlas del lugar en el que se encuentran, utilizando (bioaumentación: haciendo uso de microorganismos vivos al lugar contaminado o la bioestimulación, agregando nutrientes al mismo suelo y la atenuación natural referida a una remediación pasiva que dependerá de los procesos naturales para degradar los contaminantes del suelo y el agua subterránea), en tanto, la biorremediación ex situ es aquella donde el proceso se lleva a cabo excavando el lugar, usando biorreactores y compostaje. Por ello, la biorremediación in situ es un proceso que resulta eficaz, a la hora de tratar suelos contaminados con hidrocarburos. Según Tao et al. (2018), la *Pseudomonas aeruginosa* L10, logró remover el 79.7% en 10 días de Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) detectándose ramnolípidos. También, Ugaz et al. (2020), de las 78 especies de *Pseudomonas* spp., el 92.42% produjeron biosurfactantes, además usaron la bioaumentación, por el cual

Pseudomona sp. 2HI remedió el 35% y la *Pseudomona 8JU* el 31% de un suelo contaminado con hidrocarburos totales del petróleo (n- alcanos), de la refinería de Talara en 4 días. De igual forma, Benchouk y Abdelwaheb (2017), a partir de un suelo contaminado de Arzew, una refinería al norte de Argelia, demostraron que *Pseudomona aeuruginosa* (P3) por bioaumentación remedió el 80.86% y *Pseudomona Fluoresens* (P4) el 33.98% de hidrocarburos totales del petróleo en 12 días.

De manera análoga, Molina, Liporace y Quevedo (2021), usando *Pseudomona sp.* alcanzaron un 93.52% de remoción de hidrocarburos totales del petróleo en 60 días. Asimismo Hakima e Ian (2017), aislaron 5 especies microbianas, dentro de las cuales *P. Putida* luego de la bioaumentación mostró el rendimiento más alto con 86% de remoción de hidrocarburos, además de producir emulsificantes, demostrando la gran capacidad biorremediadora de esta bacteria. Según Mehdi et al. (2021), cuando usaron *Pseudomonas aeruginosa*, después del tratamiento el porcentaje de remoción de (HAP) fue 80%, además se detectó biosurfactantes glicolípidos. También, Alif et al. (2017), aplicaron la cepa W10 del género *Pseudomona sp.*, lograron la reducción al 80% del fenantreno en 30 días de incubación detectándose biosurfactantes.

Finalmente, Dana et al. (2019), usaron la *P. stutzeri* removieron el 53% de hidrocarburos totales del petróleo (HTP) en 15 días, como enzima detectada biodegradadora fue la deshidrogenasa.

Por otro lado, las condiciones operacionales de las bacterias del género *Pseudomona* son importantes para poder entender su biología y funcionamiento, especialmente a la hora de remediar hidrocarburos (Rakowska, 2020). Según Vanzetto y Thome (2021), las bacterias de este género no se adaptan en pH inferiores a 4.5 y sus temperaturas óptimas de crecimiento radican entre 4°C y 42°C. En consecuencia, la temperatura tiene una influencia importante en la tasa de degradación de los hidrocarburos, debido a que el crecimiento y la actividad metabólica de los microorganismos están en función a esta variabilidad de temperaturas. El rango de crecimiento de este género bacteriano oscila de 10°C a 45°C y la actividad microbiana

de crecimiento se duplica cada 10°C, siendo el rango óptimo para el proceso de biorremediación (Muños y Pacheco, 2017).

Según Zhaoyang et al. (2018), la *Pseudomona aeruginosa* creció a una temperatura de 35°C de incubación, pH 7.5 y en 14 días llegó a un 58% de remoción de (HAP). De manera similar, Deivakumari et al. (2020), la *Pseudomona aeruginosa* DKB1 alcanzó los 63.38% de remoción de hidrocarburos y creció de 5 a 60 días a una temperatura de 30°C de incubación, un pH 7.0 y 7.2, con una dosis máxima de 1.55 y 1.90x10⁵ UFC/g. Asimismo Sunita y Vivek (2020), usaron la cepa NCIM 5514 de *Pseudomona aeruginosa*, fijaron sus condiciones operacionales en 30°C hasta los 60 días, con una dosis de 5x10⁷ CFU/g y un porcentaje de remoción de 66.7%.

De la misma forma, Chaida et al. (2021), la cepa *Pseudomonas mucidolens* LGMS7 logró el 66% de remoción, creció a 28°C en pH de 5 a 9 y en 6 días las colonias crecieron al punto de 5.8 x10⁷ UFC/ml y – 3.0 x10⁸ UFC/ml, además eran estables en pH de 2 a 12 y a temperaturas de - 20 a 121°C. De igual manera, Ruiz, Radwan y Sriebich (2021), la cepa *P. frederiksbergensis* SI8 creció a temperaturas de 4°C y 8°C, en 28 días fueron aptas para remover hidrocarburos desde el 34 Metil- etil- benceno o al 100% como el Dimetil- naftaleno.

Por otro lado, Muthukumar et al. (2021), las cepas de *Pseudomona aeruginosa* PP3 y *Pseudomonas aeruginosa* PP4, crecieron en pH de 2 y 4 en 15 días y a temperaturas de 37°C por la cual la PP3 en pH 2 removi6 el 62 y 69%, mientras que PP4 en pH 7 removi6 el 78% y en pH 4 el 68%de hidrocarburos crudos de alto peso molecular, alcanos e Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP).

También, Al disi et al. (2017), fijaron las condiciones de crecimiento de las cepas de *Pseudomona aeruginosa* HDB8, HDB9 y HDB38 crecieron a temperaturas de 35°C - 40°C en pH 7.2 y 14 días de incubación en dosis de: 1.97, 1.82, 1.42 x 10⁷ UFC/mg.

Finalmente, Dana et al. (2019), usaron las cepas de *P. aeruginosa*, *P. stutzeri* y *P. mendocina*, aisladas de lodos facultativos provenientes de una planta productora de biogás, las cepas crecieron de manera óptima a 37°C en pH 7.0 durante 15 días, con

una dosis de 1.5×10^8 UFC/ml y una eficiencia degradativa del 53% de hidrocarburos totales del petróleo.

Por otro lado, Anit y Singh (2020), el suelo es un recurso natural, conformado por 45% de materia mineral y 5% de materia orgánica, mientras que el 50% restante lo ocupa el espacio poroso conformado de aire y agua.

Asimismo, los parámetros fisicoquímicos del suelo contaminado con hidrocarburos, varían antes y después de su recuperación relacionados al pH, temperatura, conductividad eléctrica y la materia orgánica.

El pH del suelo puede estar en rangos de 3.5 y 10 como resultado de su composición y la intensidad del clima, biota, organismos y relieve que actuaron en él, pero las zonas áridas suelen estar por encima de 7 y en las húmedas por debajo de este valor, otra variación del pH se da por la materia orgánica, ya que el pH permite que los nutrientes mantengas su disponibilidad máxima (Cremona y Enriquez, 2020).

La conductividad eléctrica es la capacidad del suelo para transportar corriente eléctrica en función al contenido de sales disueltas o ionizadas en el suelo, por lo que, a mayor sea la conductividad eléctrica, mayor es la concentración de sales, estas están presentes en los suelos y son: el cloruro sódico (NaCl), el cloruro magnésico ($MgCl_2$), el sulfato magnésico ($MgSO_4$) y el sulfato sódico (Na_2SO_4). Asimismo, los valores de la conductividad eléctrica pueden variar de 1dS/m y 3dS/m considerándose muy alta (Changdeo, 2020). Además, Cremona y Enriquez (2020), los suelos por su naturaleza tienen sales disueltas, en consecuencia, la conductividad eléctrica puede ser baja, estas sales pueden ser buenas para algunos organismos, pero pueden afectar al desarrollo de las plantas y algunos microorganismos durante su actividad, el rango depende del material de origen o los factores formadores de suelo.

La materia orgánica (MO) es un componente principal en las actividades agrícolas e influyen en las propiedades biológicas, químicas y físicas del suelo, y la liberación de los nutrientes que contiene la materia orgánica, necesita de microorganismos para la descomposición y su transformación (Craven y Prasnun, 2019). Por otro lado, la materia orgánica está compuesta por sustancias orgánicas

carbonadas y organismos vivos, siendo la biomasa del suelo, residuos carbonáceos, compuestos orgánicos, los restos de plantas, microorganismos y animales que se degradan en el mismo (Brady y Weil, 2018). La materia orgánica del suelo (MOS) también es importante porque ayuda en el mantenimiento, propiedades y procesos del mismo, influyendo en las funciones que definen su degradación (Obalum et al., 2017).

La humedad del suelo es un parámetro esencial para comprender las interacciones y retroalimentaciones entre la atmósfera con la superficie de la Tierra, a través de los ciclos de energía y agua (Zhao et al., 2021). Por su parte, Fraden (2016), la humedad es la cantidad de agua retenida en el suelo y se puede eliminar sin cambiar sus propiedades químicas. En tanto, la humedad depende de las moléculas de agua que determinan la estructura y composición del suelo sin depender de la fricción, por lo que, pueden desplazarse hacia capas más profundas por causa de la gravedad (Caicedo et al., 2021).

En consecuencia, los parámetros fisicoquímicos del suelo pueden verse afectados por los hidrocarburos y bajo la biorremediación, suelen cambiar antes y después. De esta manera, Ricse y Solis (2021), usaron *Pseudomonas fluorescens* para degradar hidrocarburos, el método utilizado fue la atenuación natural utilizando la bacteria por 10 días, los parámetros físicoquímicos iniciales del suelo contaminado tuvieron un pH 6.25, conductividad eléctrica 0.106 dS/m, humedad 20.8%, materia orgánica 4% y temperatura 23°C, por lo que, los resultados del tratamiento con atenuación natural mostraron cambios en los parámetros finales, el cual varió a un pH 7.2, conductividad eléctrica 0.120 dS/m, humedad 30%, materia orgánica 3% y temperatura 20.5°C.

De igual manera, Pérez (2018), bajo la bioaumentación con *Pseudomonas Fluorescens* el pH varió de 8.92 a 7.77, la conductividad eléctrica 6.77 dS/m a 4.47 dS/m, la humedad 54.3% a 69.6% y la temperatura 19.70°C a 19.78°C, asimismo la degradación del tratamiento fue muy eficiente para suelos industriales reduciendo la cantidad de (HTP) y (HAP).

Por otro lado, Conde et al. (2021), usaron *Pseudomonas* sp. MT1A3, con bioaumentación, los parámetros fisicoquímicos cambiaron el pH 8.1 a 7.16, la humedad de 40% a 39.27% y la temperatura se mantuvo en $23.2 \pm 4.1^{\circ}\text{C}$, donde la cepa pudo remediar un 93.53% en 60 días. Asimismo Kavitha et al. (2018), utilizaron *P. putida* TPHK-1 y *P. aeruginosa* TPHK-4, la muestra fue recolectada de un depósito de automóviles en Australia, el pH inicial tuvo un valor de 7.6, la conductividad eléctrica, 0.89 dS/m y la concentración inicial de hidrocarburos de petróleo totales fue 39 000 y 41 000 mg/kg, después de realizarse el tratamiento las características de suelos cambiaron a un pH neutro, el contenido de carbono orgánico total fue 4.7%, y el porcentaje de remoción fue 41%.

Estos hidrocarburos en el suelo son medidos por el método de cromatografía de gases donde implica la extracción asistida por microondas utilizando un sistema automatizado de identificación/cuantificación con una base de datos de espectrometría de masas de cromatografía de gases, asimismo permite determinar los plaguicidas organoclorados e hidrocarburos aromáticos policíclicos en suelos y sedimentos para permitir la realización de estudios de contaminación (Takashi et al., 2018).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

La investigación fue de un enfoque cuantitativo de tipo aplicado, se agruparon las bibliografías para la obtención de las respuestas a los objetivos planteados, por ello se analizó los parámetros fisicoquímicos del suelo contaminado para determinar el porcentaje de remoción de hidrocarburos antes y después del uso de estas bacterias. Asimismo, la aplicabilidad del estudio esta referida al uso del grupo bacteriano *Pseudomonas* en la remediación de hidrocarburos a partir de suelos contaminados. Según Alan y Cortéz (2018), la investigación cuantitativa aplicada es llamada también empírica- analítica, basada en aspectos numéricos para analizar e investigar y así poder comprobar los datos y la información para generar nuevos conocimientos.

La presente investigación tuvo un diseño no experimental de revisión documental porque busca analizar los fenómenos tal cual suceden en la naturaleza, es decir, no se manipulan las variables. Asimismo, estos diseños por si solos no hacen ninguna afirmación relativa a la causalidad, son capaces de generalizar mejor que sus contrapartes experimentales, por ello tienen elementos más fuertes de validez (Sumaya y Sherianne, 2019, p. 19).

El nivel de la investigación fue descriptivo, ya que buscó describir los tipos de bacterias del género *Pseudomonas*, las características operacionales de crecimiento bacteriano, así como las de los suelos contaminados y los porcentajes de remoción de hidrocarburos. Según Cabezas (2018), los estudios descriptivos buscan las propiedades, personas o comunidades para describir eventos o hechos buscando explicar e interpretar y así someterlos a su análisis.

3.2. Variables y operacionalización

La investigación estuvo conformada por dos variables, siendo la variable independiente la eficiencia del género *Pseudomonas* y como variable dependiente la

biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos, esta matriz de operacionalización de variables se encuentra en el Anexo 1.

3.3. Población, muestra y muestreo

La población es el conjunto de elementos con las características que se quieren estudiar y describir estableciendo conclusiones (Salazar y Del castillo, 2018). En consecuencia, la investigación tuvo una población conformada por los estudios que tenían relación con la problemática mostrada referentes al uso del grupo bacteriano *Pseudomonas* en la biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos.

Para la búsqueda de información se empleó los criterios de inclusión usando base de datos confiables como: Scopus y Web of Science, para ello se usó palabras claves como: bacterias, *Pseudomonas*, biorremediación de suelos, hidrocarburos.

Asimismo, las investigaciones encontradas fueron menor igual a los cinco años de antigüedad, las que estaban en inglés fueron traducidas por DeepL. Además, se consideró el tipo de *Pseudomona*, las condiciones operacionales de crecimiento bacteriano, los parámetros fisicoquímicos del suelo contaminado (antes y después), y los porcentajes de remoción de hidrocarburos. Por otro lado, se excluyeron investigaciones de páginas no confiables, artículos incompletos o de acceso de paga elevado.

Por otra parte, la muestra es el conjunto de unidades seleccionadas y presentadas de la población de interés, cuando se selecciona la muestra, hay dos consideraciones principales: tamaño de la muestra y métodos de muestreo (Casteel, 2021). Por lo tanto, en la investigación, luego de aplicar los criterios de inclusión y exclusión se obtuvo las muestras, que posteriormente se analizaron por la escala Newcastle-Ottawa modificada para verificar su validez.

Asimismo, el tipo de muestreo fue no probabilístico a criterio del investigador, por ello se definieron criterios de inclusión y exclusión como se ha mencionado anteriormente. Asimismo Mohamed (2017), el muestreo no probabilístico a

conveniencia es aquel donde el investigador selecciona los elementos de la muestra de acuerdo a su criterio, accesibilidad y proximidad.

La unidad de análisis fue cada artículo donde se usó a las especies bacterianas del grupo *Pseudomona* como biorremediador de suelos contaminados con hidrocarburos. Según Casteel (2018), la unidad de análisis es la parte más importante de cualquier investigación.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica de recolección fue a través del análisis documental y estuvo mediada por la revisión sistemática ya que en este método aglomera la información con el fin de consolidarla con respecto al tema de estudio que se pretendió profundizar ya que este método es útil para responder preguntas acerca de un problema.

En la investigación se usaron 4 fichas para la recolección de datos y permitieron obtener la información pretendida con el fin de satisfacer los objetivos planteados, estas fichas se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Fichas de recolección de datos

Fichas	Descripción
1	Tipos de <i>Pseudomonas</i> para la remoción
2	Condiciones operacionales de crecimiento bacteriano
3	Parámetros fisicoquímicos de suelo contaminado (antes y después)
4	Porcentaje de remoción de hidrocarburos

Por su parte la validez se entiende como el grado donde un instrumento mide a una variable (Villasís, 2018). Por ello, los instrumentos fueron revisados por 4 docentes especializados en el tema de referencia. Asimismo, en la Tabla 2 se muestra la validación de los instrumentos de investigación.

Tabla 2. Tabla de validación de los instrumentos

N°	Experto	Especialidad	CIP	Valoración
1	Acosta Suasnabar, Eusterio Horacio	Ingeniero químico y ambiental	25450	90%
2	Alba Ortiz Oscar	Ingeniero industrial	290330	85%
3	Mendoza Mogollón Gianmarco Jorge	Ingeniero ambiental	200348	90%
4	Ordoñez Gálvez, Juan Julio	Hidrología y medio ambiente	89972	90%
Promedio de valoración				90%

Por otro lado, la confiabilidad está referida a la capacidad de consistencia de los instrumentos que se emplean en la investigación (Villasís, 2018). Los instrumentos validados se presentan en el Anexo 3.

3.5. Procedimiento

El procedimiento de esta investigación se detalla en la Figura 1 y se muestra a continuación.

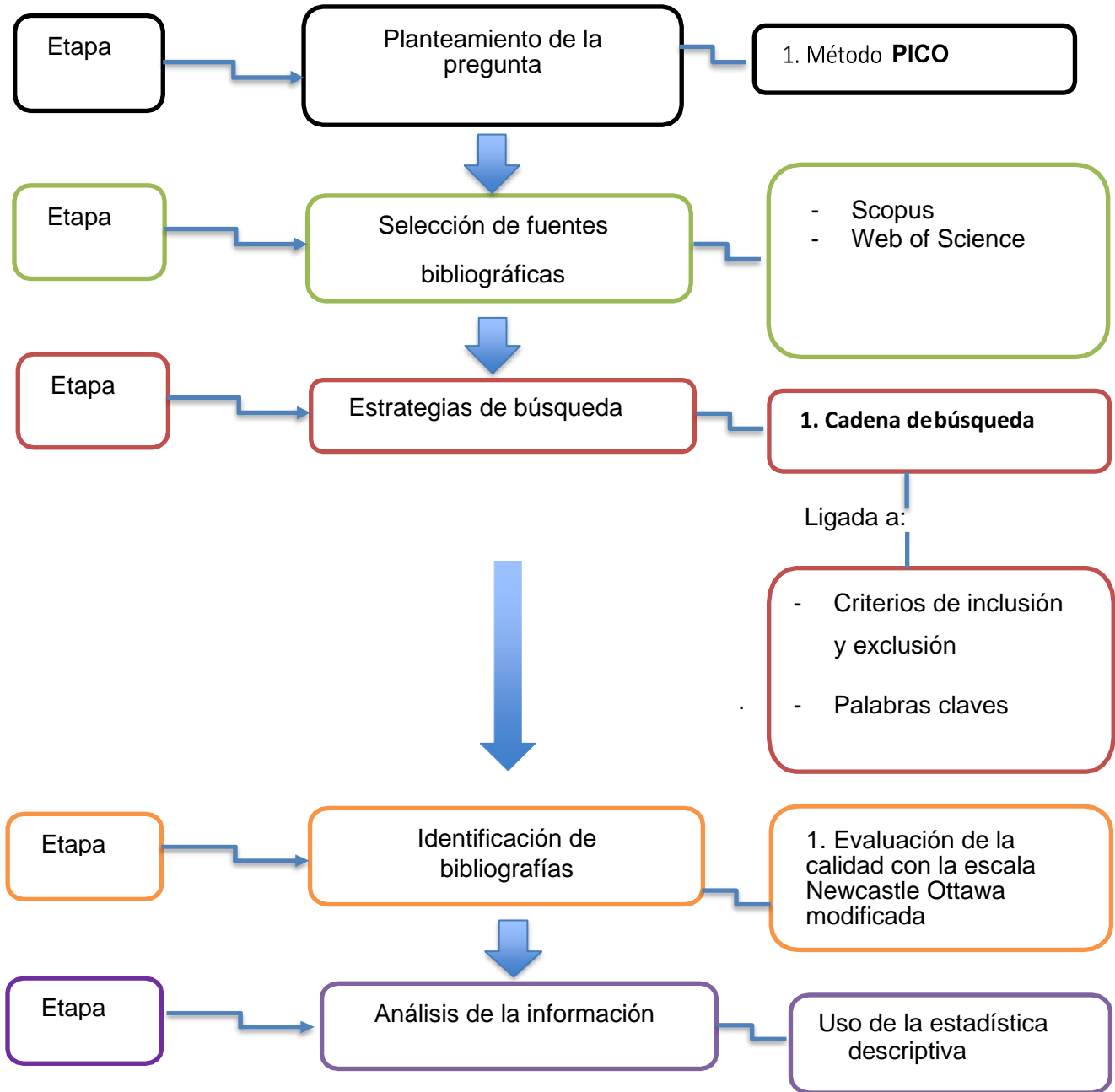


Figura 1. Procedimiento de la revisión sistemática.

3.5.1 Planteamiento de la pregunta de investigación

El formato PICO, es en la actualidad el más utilizado para la construcción de preguntas de investigación (Díaz, Ortega y Muñoz, 2016). En la investigación se planteó la problemática, el cual desprendió las preguntas de investigación, generales y específicas, para llegar a este punto se usó el método PICO.

P: Suelos contaminados con hidrocarburos

I: Uso del grupo bacteriano Pseudomonas consumidoras de hidrocarburos

C: Sin uso de las bacterias consumidoras de hidrocarburos

O: Biorremediación

En consecuencia, nuestra pregunta de investigación esta referida a: ¿Cuál es la eficiencia del grupo bacteriano Pseudomonas en la biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos mediante una revisión sistemática?

3.5.2. Selección de fuentes bibliográficas

Para la búsqueda de información, se usaron fuentes como Scopus y Web of Science.

3.5.3. Estrategias de búsqueda

Estuvieron enfocadas en el uso de los criterios de inclusión y exclusión, además se usaron palabras claves y se estableció una cadena de búsqueda donde se usaron las palabras claves unidas a los operadores booleanos AND (y), OR (o), etc., con la finalidad de poder reducir la amplitud de los estudios que se seleccionaron. La secuencia de la cadena de búsqueda usada se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Cadena de búsqueda

Base de datos	Cadena de Búsqueda	Número de artículos
Scopus	TITLE- ABS-KEY ((bacteria OR bacterium OR bacterial) AND (Pseudomonas) AND (bioremediation OR remediation OR tratemen) AND (Soil contaminated OR soil pollution) AND (hydrocarbons))	185
Web of Science	(bacteria OR bacterium OR bacterial) AND (Pseudomonas) AND (bioremediation OR remediation OR tratemen) AND (Soil contaminated OR soil pollution) AND (hydrocarbons)	300

Por otro lado, para facilitar la búsqueda de las fuentes de idioma extranjero se utilizó el traductor DeepL.

3.5.4. Identificación de bibliografías

La correcta identificación de las bibliografías, estuvo enfocada solo aquellas que cumplieron con los aspectos mencionados en la estrategia de búsqueda, es decir aquellos estudios que cumplieron con los criterios de inclusión y exclusión. Así mismo, para el análisis de la confiabilidad de estas mismas, se usó la escala Newcastle Ottawa modificada.

3.6. Método de análisis de datos

Para el análisis de la información se usó la estadística descriptiva, para ello se utilizó hojas de cálculo en Excel y tablas, donde se reunió los datos y se realizó un análisis comparativo para identificar los tipos de Pseudomona, las condiciones operacionales de crecimiento, así como determinar los parámetros fisicoquímicos de

suelo contaminado (antes y después) y los porcentajes de remoción de hidrocarburos del suelo asociadas a la biorremediación, y estos resultados sean favorables en dicha evaluación. Las conclusiones se realizaron en función a las estimaciones numéricas, finalmente se comparó la hipótesis con la estadística.

3.7. Aspectos éticos

Los investigadores del presente estudio mantuvieron los principios de ética dada por el consejo universitario N°0216/2017-UCV donde se detallan los lineamientos de ética referidos a brindar una información transparente, verídica y libre de plagios, así mismo, se buscó, estudió y estructuró la bibliografía siguiendo estrictamente los lineamientos de la norma ISO 690, finalmente la información para dar crédito de veracidad y transparencia como se mencionó, fue enviada al software Turnitin, donde el porcentaje de originalidad de la investigación fue inferior al 25%.

IV. RESULTADOS

En la Figura 2 se presenta el diagrama del proceso de obtención de los artículos utilizados en la revisión sistemática.

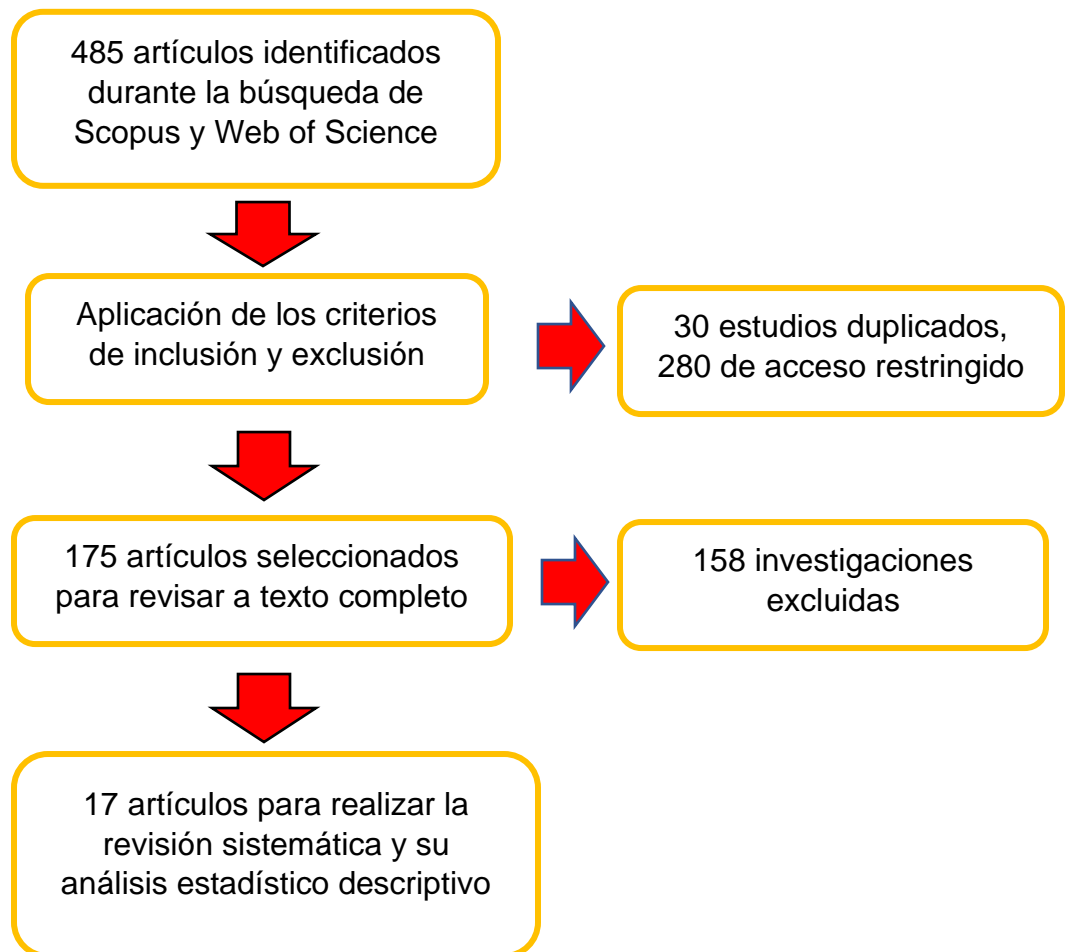


Figura 2. Diagrama de flujo del procedimiento de selección de los artículos.

Se obtuvieron 485 artículos (Figura 2); de las bases de datos de Scopus Y Web of Science que tenían relación a la aplicación, uso y caracterización de los microorganismos y las Pseudomonas en la biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos, a los cuales se les aplicó los criterios de inclusión y exclusión encontrándose 280 artículos de acceso restringido por tener acceso de paga elevada, además se identificó los artículos duplicados cuando se utilizó las hojas de cálculo de Excel con indicadores como base de datos, autor y título teniendo 30 estudios repetidos entre las dos bases mencionadas, además todos los artículos tenían la prioridad de búsqueda el límite máximo de 5 años de antigüedad.

Luego de aplicar los criterios descritos anteriormente, es decir que cumplan con todos los criterios de inclusión y exclusión se obtuvo un total de 175 artículos y se excluyeron 158 investigaciones, siendo los factores:

- Biodegradación de suelos contaminados con hidrocarburos (n= 14); ya que estos estudios estaban relacionados a la contaminación, pero de aguas.
- Datos insuficientes; (n= 20) sobre las condiciones operacionales de crecimiento bacteriano: medio de cultivo, pH, temperatura, días de incubación, UFC
- Uso de otros microorganismos ajenos al género Pseudomona u consorcios que trabajen con ellas (n= 28)
- Datos insuficientes sobre los parámetros fisicoquímicos de suelo antes y después del tratamiento con las bacterias del género Pseudomona (n=96).

Del total de estudios analizados se obtuvieron 17 artículos que cumplieron con los criterios de inclusión y exclusión y fueron evaluados en su calidad por la escala de Newcastle Ottawa modificada, presentada en la Tabla 4.

Tabla 4. Calidad metodológica de los estudios incluidos.

N° Estudio	Autor	Escala de Newcastle – Ottawa						
		Selección		Resultado			Datos específicos	
		Representatividad.	Exposición	Tiempo de aplicación	Cantidad absorbida	Porcentaje de remoción	Seguimiento	Adición de consorcio
1	Semenova et al. (2022)	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI
2	Ahmadi et al. (2021)	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO
3	Alsayegh, Al -Ghouti y Zouari (2021)	SI	NO	SI	SI	SI	NO	SI
4	Prava y Kumar. (2020)	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
5	Aboud, Burghal y Laftah. (2021)	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
6	Gutiérrez et al. (2020)	SI	NO	SI	SI	SI	NO	NO
7	Forján et al. (2020)	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
8	Bidja et al. (2020)	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI
9	Pourfadakari et al. (2020)	SI	SI	SI	SI	SI	NO	NO
10	Amaral et al. (2018)	SI	NO	SI	SI	SI	NO	NO
11	Curiel et al. (2022)	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
12	Nozari, Ebrahimi y Dehghani (2018)	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
13	Samarghandi et al. (2018)	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI
14	Lu et al. (2019)	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI
15	Lee et al. (2018)	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI
16	Liao et al. (2019)	SI	SI	SI	SI	SI	NO	NO
17	Tanzadeh et al. (2020)	SI	SI	SI	SI	SI	NO	NO

Representatividad: hace referencia a los distintos tipos de bacterias del género *Pseudomona* que tienen el potencial de degradar los hidrocarburos en diferentes ambientes ya sea suelo o agua. **Exposición:** evalúa las condiciones operacionales de crecimiento bacteriano (Tipo de *Pseudomona*, el medio de cultivo, el tiempo en el que creció, pH, dosis inicial, dosis final, actividad reductora identificada) y las características fisicoquímicas de los suelos contaminados (pH, temperatura, conductividad eléctrica, humedad, % de materia orgánica y tipo de suelo). **Tiempo de aplicación:** indica el tiempo de degradación de hidrocarburos de los diferentes medios de cultivo por parte de las bacterias del género *Pseudomonas*, así como el de su aplicación en los suelos contaminados. **Cantidad absorbida:** evalúa si las bacterias de este género mencionado tuvieron la capacidad de disminuir la concentración inicial de hidrocarburos del suelo. **Porcentaje de remoción:** indica si las bacterias fueron eficientes para eliminar o reducir la concentración inicial. **Seguimiento:** indica si se evaluó las variaciones fisicoquímicas del suelo antes y después del tratamiento bacteriano. **Adición de consorcio:** evalúa si la especie del género bacteriano *Pseudomona* trabajó sola o en ayuda de un consorcio microbiano diferente.

Asimismo, para la investigación se tuvo en cuenta la base de datos, revista y autores, ello se aprecia en la Tabla 5.

Tabla 5. Estudios para la revisión sistemática

N°	Base de datos	Revista	Autores
1	Scopus	Microorganisms 2022	Semenova et al. (2022)
2	Scopus	Journal of Environmental Health Science and Engineering	Ahmadi et al. (2021)
3	Scopus	Biotechnology Reports	Alsayegh, Al -Ghouti y Zouari (2021)
4	Scopus	Journal of Pure and Applied Microbiology	Prava y Kumar (2020)
5	Scopus	Biodiversitas Journal of Biological Diversity	Aboud, Burghal y Laftah (2021)
6	Scopus	International Journal of Environmental Research and Public Health	Gutiérrez et al. (2020)
7	Scopus	International Journal of Environmental Research and Public Health	Forján et al. (2020)
8	Scopus	3 Biotech 11	Bidja et al. (2020)
9	Scopus	Chemical and Biochemical Engineering Quarterly	Pourfadakari et al. (2020)
10	Scopus	Polish Journal of Microbiology	Amaral et al. (2018)
11	Scopus	Chemosfere	Curiel et al. (2022)
12	Web of Science	Brieflands	Nozari, Ebrahimi y Deghani (2018)
13	Web of Science	GLOBAL NEST JOURNAL	Samarghandi et al. (2018)
14	Web of Science	Elsevier	Lu et al. (2019)
15	Web of Science	Frontiers in Microbiology	Lee et al. (2018)
16	Web of Science	Chemosphere	Liao et al. (2019)
17	Web of Science	Biotechnology & Biotechnological Equipment	Tanzadeh et al. (2020)

La tabla 5 indica los 17 artículos comprendidos entre los años 2018 al 2022. También se identificó la base de datos dónde provienen las revistas incluidas en la revisión, esto se muestra en la Figura 3.

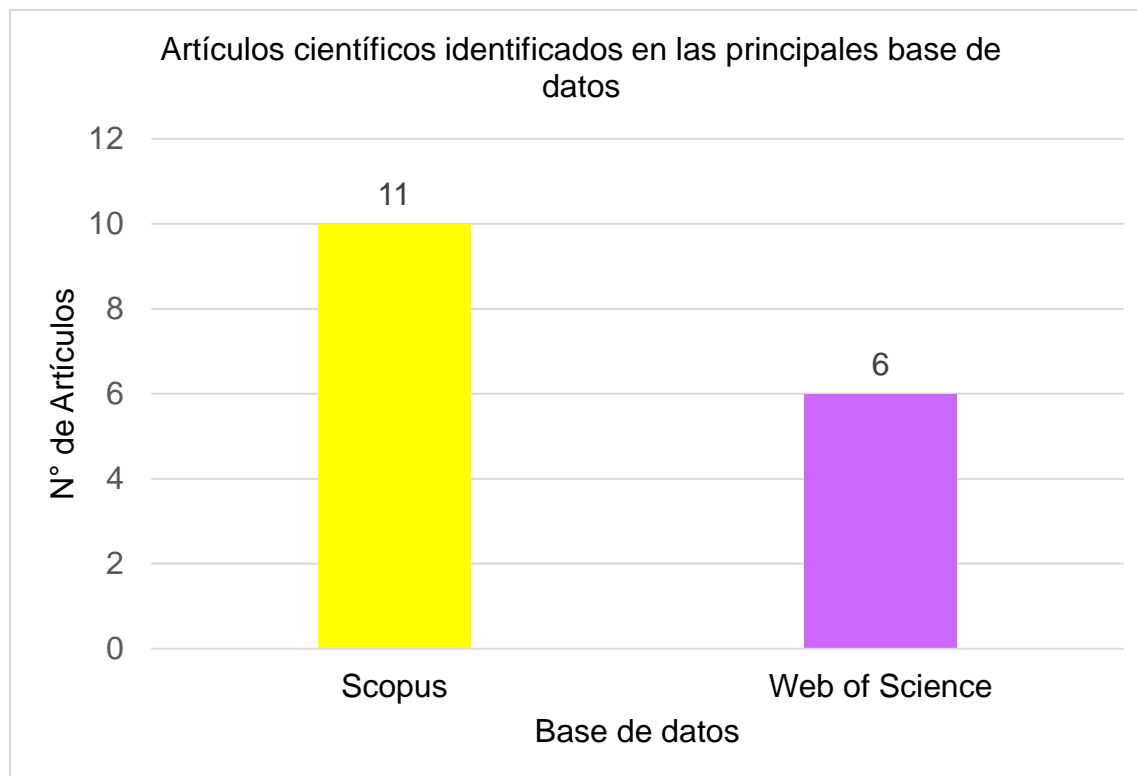


Figura 3. Artículos registrados en la base de datos Scopus y Web of Science.

La Figura 3 muestra 11 artículos de la revisión fueron de la base de datos Scopus y 6 de Web of Science. Ambas bases de datos son las más confiables e importantes a nivel mundial ya que contienen las revistas con los artículos indexados porque sus resultados son sometidos a grandes exigencias de comprobación y rigurosidad académica internacional.

En la revisión sistemática se buscó los métodos usados por estudio, incluyendo (el método de biorremediación empleado y el de identificación genotípica) así como el tipo de bacteria y los autores del estudio, esta información se encuentra en la Tabla 6 a continuación.

Tabla 6. Tipos de *Pseudomonas* que participan en la biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos

N°	Métodos usados		Tipo de bacteria	Autores
	Biorremediación	Identificación genotípica		
1	Bioaumentación	Secuenciación del gen 16S rRNA	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Aeromonas</i> , <i>Oceanisphaera</i> , <i>Shewanella</i> , <i>Paeniglutamicibacter</i> y <i>Rhodococcus</i> fueron	Semenova et al. (2022)
2	Bioaumentación	Secuenciación del gen 16S rRNA	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Ahmadi et al. (2021)
3	Bioaumentación	Secuenciación del gen 16S rRNA	<i>Pseudomonas stutzeri</i> D13, <i>Bacillus sorensis</i> D11, <i>Bacillus cereus</i>	Alsayegh, Al - Ghouti y Zouari (2021)
4	Bioaumentación	Secuenciación del gen 16S rRNA	<i>Pseudomonas</i> sp., <i>Bacillus</i> sp. y <i>Micrococcus</i> sp.	Prava y Kumar (2020)
5	Bioaumentación	Secuenciación del gen 16S rRNA	<i>Pseudomonas stutzeri</i> , <i>Pseudomonas songnenensis</i> , <i>Psychrobacter faecalis</i> , <i>Bacillus cereus</i> , <i>Psychrobacter quanticus</i> cepa E9R y <i>Psychrobacter quanticus</i> cepa EA422	Aboud, Burghal y Laftah (2021)

6	Bioaumentación y bioestimulación.	Secuenciación del gen 16S rRNA	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	Gutiérrez et al. (2020)
7	Bioestimulación y bioaumentación	Secuenciación del gen 16S rRNA	<i>Pseudomonas stutzeri</i> y <i>Rhodococcus erythropolis</i>	Forján et al. (2020)
8	Bioaumentación	Secuenciación del gen 16S rRNA	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Penicillium</i> , <i>Serratia</i> , <i>acidobacteria</i> .	Bidja et al. (2020)
9	Bioaumentación	Secuenciación del gen 16S rRNA	<i>Pseudomonas stutzeri</i> Z12	Pourfadakari et al. (2020)
10	Bioaumentación	Secuenciación del gen 16S rRNA	<i>Pseudomonas</i> sp.	Amaral et al. (2018)
11	Bioaumentación	Secuenciación del gen 16S rRNA	<i>Pseudomonas</i> sp. <i>Aquabacterium</i> , <i>Chryseobacterium</i> y <i>Sphingomonadaceae</i>	Curiel et al. (2022)
12	Bioaumentación	-	A (<i>Acinetobacter</i> , <i>Bacillus subtilis</i> y <i>Pseudomonas aeruginosa</i>) y tipo B (<i>Ochrobactrum oryzae</i> , <i>Bacillosp. y Sphingomonas yanoikuyae</i>) s"	Nozari, Ebrahimi y Dehghani (2018)

13	Bioaumentación	Secuenciación del gen 16S rRNA	<i>Pseudomonas ssp, Pseudomonas aeruginosa.</i>	Samarghandi et al. (2018)
14	Bioaumentación	16S rRNA	<i>Pseudomonas sp., Methylobacillus, Nocardioides , Methylophilaceae, Achromobacter, Pseudoxanthomonas y Caulobacter</i>	Lu et al. (2019)
15	Bioaumentación	Secuenciación del gen 16S rRNA	<i>Pseudomonas sp., Pseudomonas sp. Neph5, Acinetobacter oleivorans DR1, Corynebacterium sp. KSS-2, Rhodococcus sp. KOS-1, Micrococcus sp. KSS-8 y Yarrowiasp. KSS-2</i>	Lee et al. (2018)
16	Bioaumentación	Secuenciación del gen 16S rRNA	<i>Pseudomonas spp</i>	Liao et al. (2019)
17	Bioaumentación	Secuenciación del gen 16S rRNA	<i>P. aeruginosa (J12).</i>	Tanzadeh et al. (2020)

La Tabla 6 indica los 17 artículos seleccionados, el tipo de remediación, el de secuenciación genotípica, los tipos de bacterias utilizadas en la biorremediación y los autores del mismo. Asimismo, los tipos de *Pseudomonas* utilizados en la biorremediación se aprecian en la Figura 4 que se muestra a continuación.

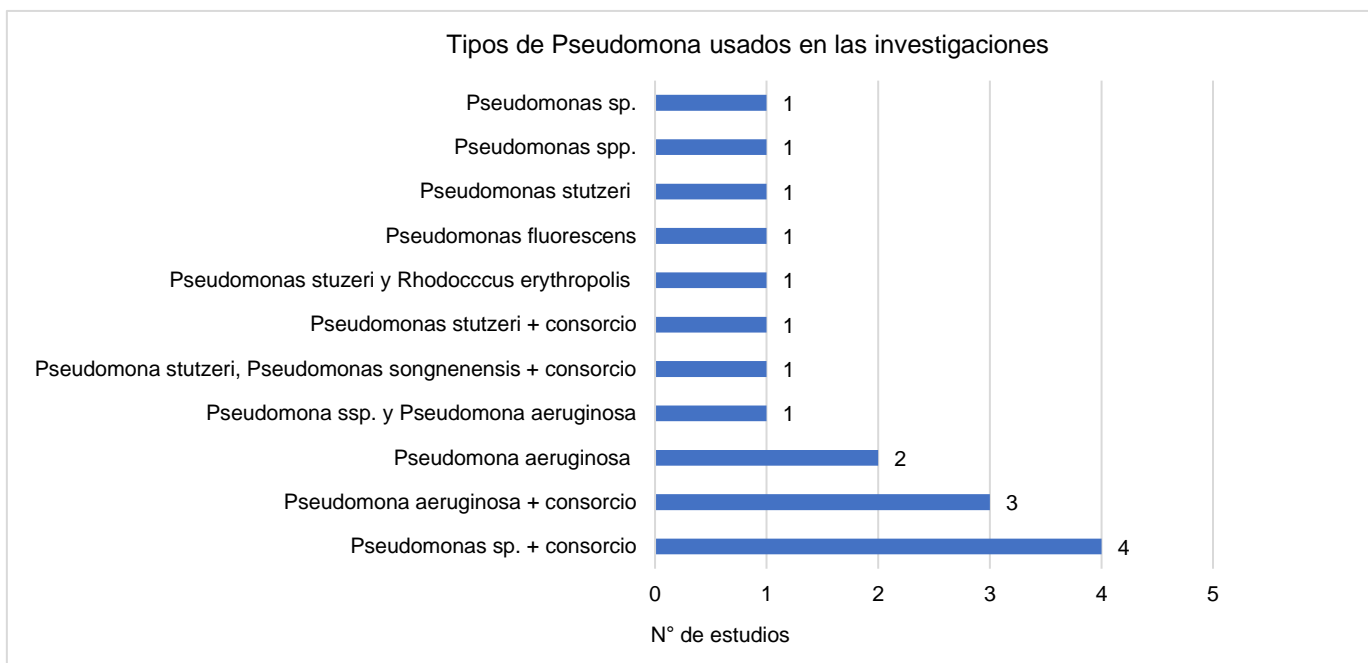


Figura 4. Tipos de *Pseudomonas* participantes en los estudios de remoción de hidrocarburos del suelo.

De las 17 investigaciones se identificó 6 tipos de *Pseudomonas* participantes en los estudios de biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos, siendo las ***Pseudomonas sp.*, *Pseudomonas spp.*, *Pseudomona aeruginosa*, *Pseudomona Stutzeri*, *Pseudomona Fluorescens*, *Pseudomona songnenensis***. Asimismo, en 9 estudios estas bacterias trabajaron junto a un consorcio microbiano para tratar de aumentar su eficiencia de remoción. Por otro lado, en 8 investigaciones se usó una única especie de *Pseudomonas* en la degradación de hidrocarburos.

Lo mencionado se traduce en la necesidad de los investigadores en el uso de una única especie de *Pseudomonas* o el trabajo en consorcio, dicha necesidad partirá de los porcentajes de remoción que se muestran más adelante, sin embargo, todas las

bacterias mencionadas poseen la capacidad de degradar hidrocarburos, independientemente del medio donde se encuentren.

Para la degradación de hidrocarburos siempre se hace el uso de diferentes métodos de biorremediación, estos se mencionan en la Figura 5 a continuación.

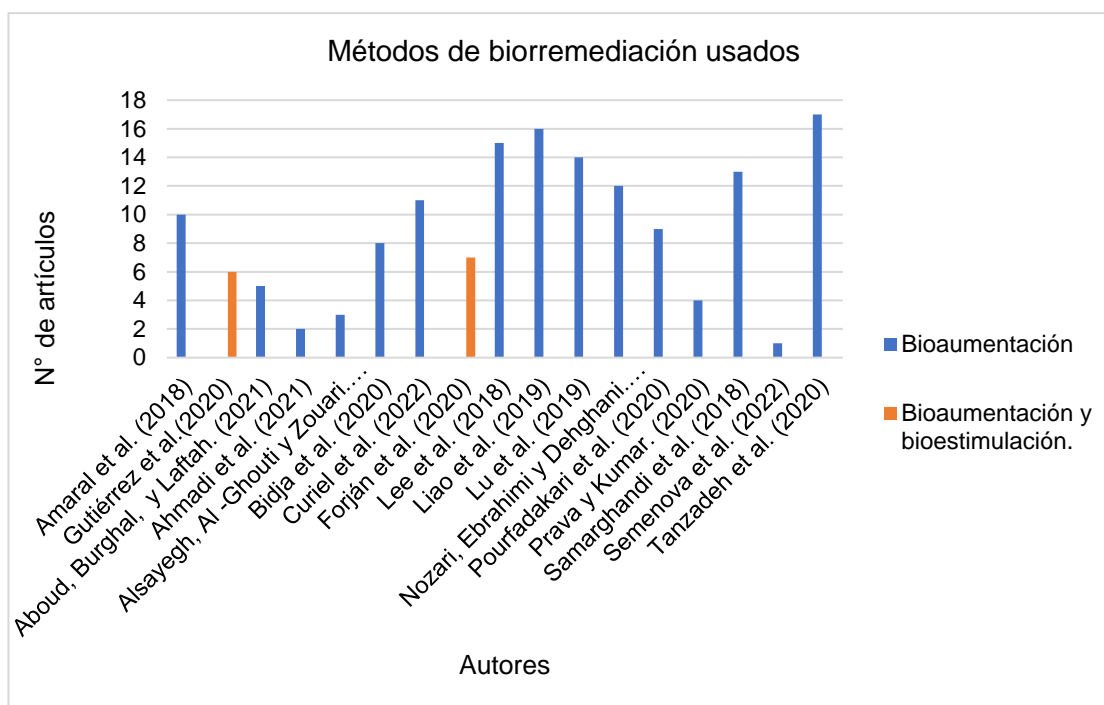


Figura 5. Métodos de Biorremediación aplicados

En la Figura 5 se observa 15 investigaciones que aplicaron el método de bioaumentación y solo en 2 estudios la bioaumentación y bioestimulación combinadas. Ello demuestra que la bioaumentación es uno de los métodos más usados de biorremediación, porque al recuperar bacterias hidrocarbonoclasticas del suelo e incubarlas en el laboratorio es más fácil aumentar su población y su aplicabilidad en el mismo.

En los estudios de biorremediación siempre existen métodos de identificación bacteriana enfocadas a sus genes para saber con exactitud cuál es el microorganismo que participa en el proceso de biorremediación, estos métodos se mencionan en la Figura 6 y se muestra a continuación.

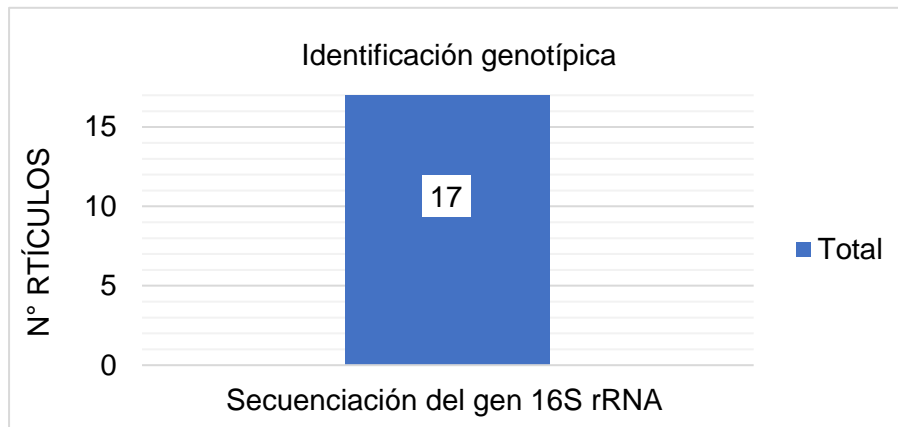


Figura 6. Método de identificación genotípica.

Todos los estudios investigados muestran que el método más usado para la identificación microbiana, participantes en la biorremediación de hidrocarburos del suelo fue, la secuenciación del gen 16SrRNA, es claro, porque que esta subunidad siempre se ha usado para construir filogenias porque tienen una tasa baja de evolución que permite identificar con facilidad el tipo de bacteria que se quiere encontrar.

Por otro lado, otro indicador importante en los procesos de biorremediación bacteriana son las condiciones operacionales de crecimiento que tiene el grupo bacteriano *Pseudomonas*, estas condiciones están mediadas por el pH, temperatura, medio de cultivo, tiempo de incubación y su actividad reductora de hidrocarburos, lo mencionado se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7. Condiciones operacionales de crecimiento del grupo bacteriano *Pseudomonas* en la biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos.

Tipo de bacteria	Medio de cultivo	T (°C)	pH	Tiempo (días)	Dosis bacteriana		Actividad reductora	Autores del estudio
					Inicial: (CFU/ g) (CFU/ml)	Final: (CFU/ g) (CFU/ml)		
<i>Pseudomona aeruginosa</i> + consorcio	Medio sal mineral (MSM)	10°C	7	30 días	10 ⁷ UFC/g	5 × 10 ⁷ UFC/g	n -alcanos, alcano-1-monooxigenasa	Semenov a et al. (2022)
<i>Pseudomona aeruginosa</i>	Sal mineral de fosfato (PMS)	31°C	7	7 días	-	-	Ramnolípidos	Ahmadi et al. (2021)
<i>Pseudomonas stutzeri</i> + consorcio	Medio sal mineral (MSM)	37°C	7.2	3 días	0.443 X10 ⁷ UFC/ml	37.2 × 10 ⁷ UFC/ml	-	Alsayegh, Al - Ghouti, y Zouari (2021)
<i>Pseudomonas sp.</i> + consorcio	Agar nutriente, Bushnell Hass	30 +/- 1°C	-	1 - 2 días	-	2.8 × 10 ³ UFC /g	Biosurfactantes	Prava y Kumar (2020)
<i>Pseudomona stutzeri</i> , <i>Pseudomonas songnenensis</i> + consorcio	Medio sal mineral MSM	30°C	7	14 días	1.3x10 ⁴ UFC /g	4.2 x 10 ⁴ UFC /g	-	Aboud, Burghal y Laftah (2021)

<i>Pseudomonas fluorescens</i>	-	30 a 33°C	7	3 días	1.04 × 10 ⁴ UFC/g	3.2 × 10 ⁶ UFC/g	Lipoproteínas y polímeros	Gutiérrez et al. (2020)
<i>Pseudomonas stutzeri</i> y <i>Rhodococcus erythropolis</i>	Medio GAE (glucosa, asparagina, extracto de levadura)	30°C	7	2 - 3 días	10 ⁷ UFC/g	3x10 ⁷ UFC/g	Biosurfactantes	Forján et al. (2020)
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> + consorcio	Agar Luria-Bertani (LB) y Medio sal mineral (MSM)	30°C	6	15 días	6.65x10 ³ UFC/g	8.36x10 ³ UFC/g	-	Bidja et al. (2020)
<i>Pseudomonas stutzeri</i>	Sal mineral de fosfato (PMS)	37°C	7	4 días	x	x	Biosurfactantes glicolípidos	Pourfadakari et al. (2020)
<i>Pseudomonas</i> sp.	Medio de caldo nutritivo	30°C	-	22 días	-	10 ⁷ CFU/g	-	Amaral et al. (2018)
<i>Pseudomonas</i> sp. + consorcio	Caldo Bushnell-Haas (BH)	30°C	7	6 días	-	10 ¹¹ UFC/g única	Alcano 1-monooxigenasa	Curiel et al. (2022)
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> + consorcio	Medio sal mineral (MSM)	37.5°C	7	3 días	1x10 ⁴ CFU/ml	7X10 ⁴ CFU/ml	-	Nozari, Ebrahimi y Dehghani (2018)
<i>Pseudomonas</i> ssp. y <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Caldo Bushnell-Haas (BH),	37°C	7	30 días	10 ⁶ CFU/g	1.4 x10 ⁶ CFU/g	Ramnolípidos	Samarghandi et al. (2018)
<i>Pseudomonas</i> sp. + consorcio	Medio SL	25°C	-	16 días.	-	1.97 × 10 ⁸ UFC/ml	Dioxigenasa y polimerasa	Chao et al. (2019).
<i>Pseudomonas</i> sp. + consorcio	MSB suministrado con n-hexadecano, naftaleno o petróleo crudo	25°C	7.2	3 días	-	10 ⁷ UFC/g		Lee et al. (2018)

							-	
<i>Pseudomonas</i> spp.	-	22°C	-	4 días	-	10 ⁴ UFC/g	-	Liao et al. (2019)
<i>Pseudomona aeruginosa</i>	Medio de sal mineral	30°C	-	7 días	6,69x10 ⁸ UFC/ml	-	-	Tanzadeh et al. (2020)

Unos de los parámetros importantes identificados es el pH, Tiempo y temperatura, esta se muestra a continuación en la Figura 7.

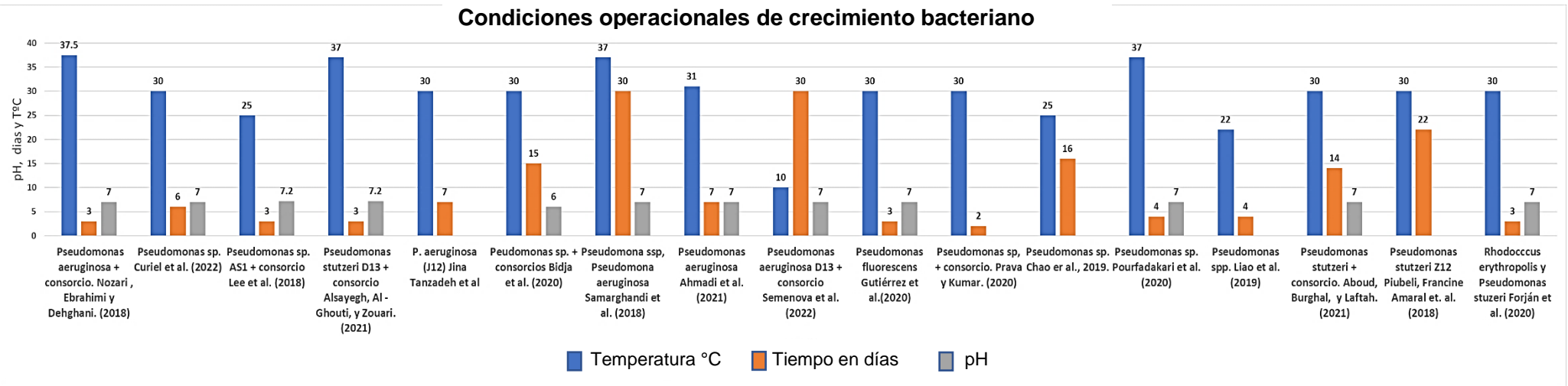


Figura 7. Condiciones operacionales del grupo bacteriano *Pseudomonas*.

En la Figura 7 se observa las condiciones operacionales de las bacterias del género *Pseudomonas* utilizados en los estudios, se observó que el valor mas alto de pH aplicado fue 7.2 (Lee et al., 2018; Alsayegh, Al-Ghouti y Zouari,2021). Asimismo, el pH de los estudios restantes fue 7. También, los rangos de temperatura oscilaron entre 10°C y 37.5°C (Semenova et al., 2022; Nozari, Ebrahimi y Dehghani, 2018).

Se puede observar que las bacterias del género *Pseudomona* por lo general crecen a pH neutro, y que el rango de temperatura para su crecimiento es amplio de 10°C a 37.5°C, finalmente los rangos de incubación oscilaron de 2 a 30 días.

Por otro lado, se observa el crecimiento poblacional (dosis) del grupo bacteriano *Pseudomonas* en el tratamiento de biorremediación en medios sólidos expresados en UFC/g, alcanzando valores mínimos (inicial) y máximos (final) durante la remoción de hidrocarburos, estos valores se pueden observar en la Figura 8.

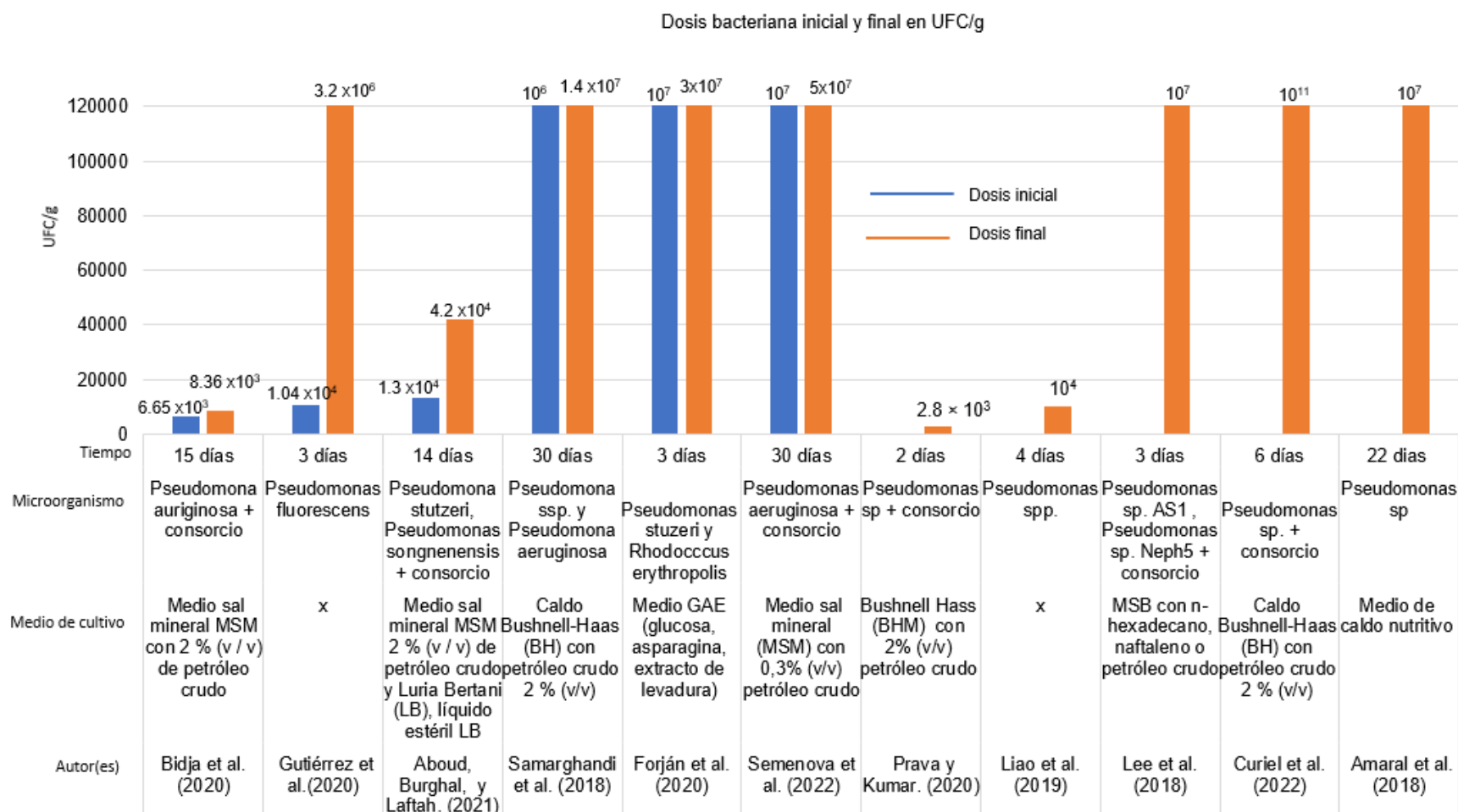


Figura 8. Dosis bacteriana inicial y final por estudio.

La figura 8 muestra las variaciones de crecimiento poblacional donde la dosis mínima inicial usada en los artículos investigados fue 6.65×10^3 UFC/g y la dosis máxima 5×10^7 UFC/g (Bidja et al., 2020; Semenova et al., 2022). Además, el

medio de cultivo más utilizado en las investigaciones fue el Medio sal mineral (MSM) suplementado por 2% (v/v) de petróleo crudo, otros medios utilizados fueron, medio Bushnell Hass (BHM), medio glucosa, asparagina, extracto de levadura (GAE), medio caldo nutritivo, medio sal basal mínimo (MSB).

De igual manera, se observa el crecimiento poblacional (dosis) del grupo bacteriano *Pseudomonas* en el tratamiento de biorremediación en medios líquidos expresados en UFC/ml alcanzando valores mínimos (inicial) y máximos (final) durante la remoción de hidrocarburos, estos valores se pueden observar en la Figura 9.

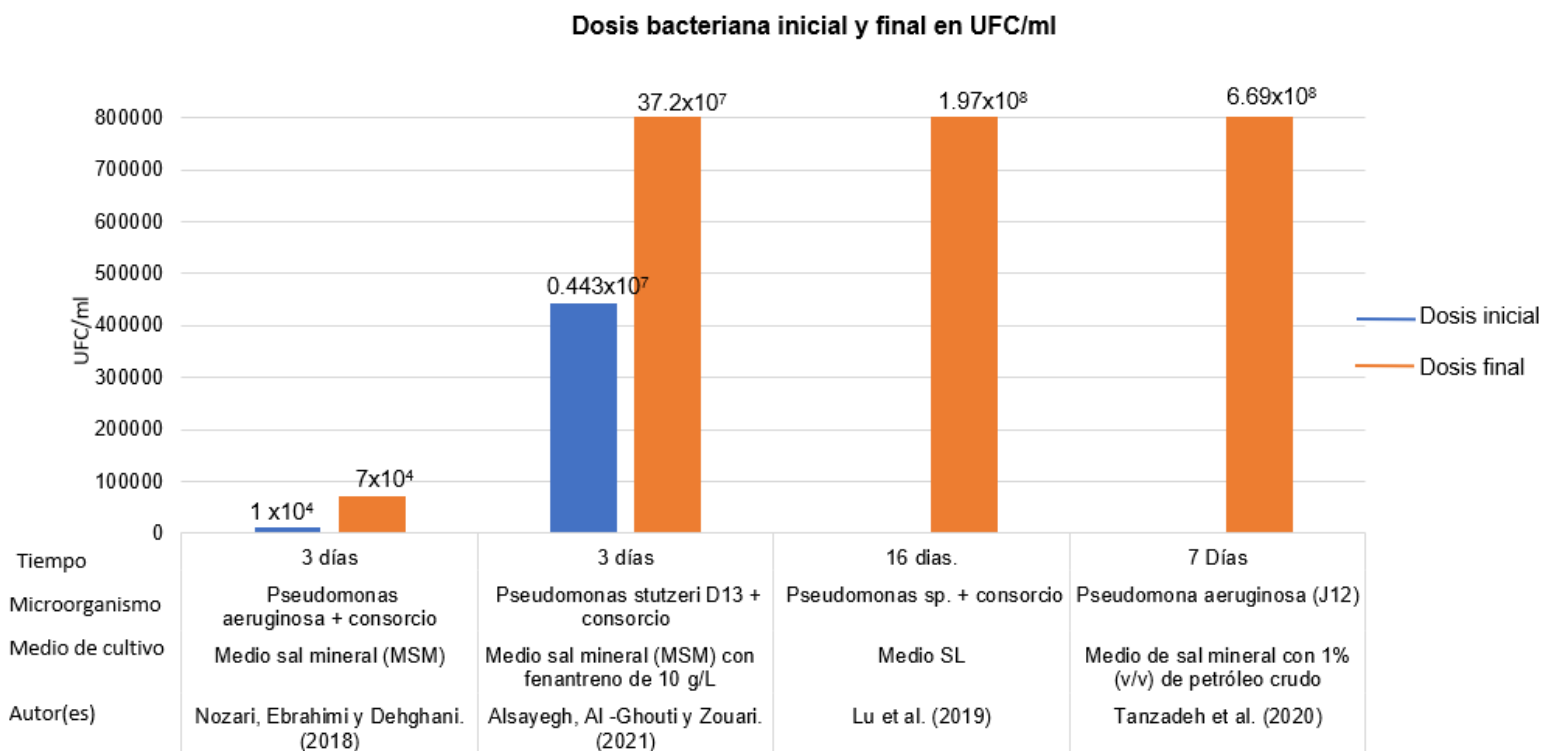


Figura 9. Dosis bacteriana inicial y final por estudio.

La figura 9 muestra las variaciones de crecimiento poblacional; la dosis mínima usada en los artículos investigados fue 1×10^4 UFC/ml (Nozari, Ebrahimi y Dehghani, 2018) y la dosis máxima fue 37.2×10^7 UFC/ml (Alsayegh, Al -Ghouti, y Zouari, 2021).

Además, el medio de cultivo más utilizado fue la sal mineral (MSM) suplementado por fenantreno de 10 g/L con 1% (v/v) de petróleo crudo y el medio sal basal mínimo (MSB) suministrado con n-hexadecano, naftaleno o petróleo crudo.

Finalmente, la dosis mínima encontrada para todas las investigaciones fue 6.65×10^3 UFC/ml y 1×10^4 UFC/ml (Bidja et al., 2020; Nozari, Ebrahimi y Dehghani, 2018). Asimismo, los medios en su mayoría fueron suplementados con hidrocarburos, siendo el más usado el medio la sal mineral (MSM) los cuales se ha mencionado en la bibliografía que ayudan mucho al crecimiento de bacterias hidrocarbonoclasticas.

Por otro lado, las bacterias del género **Pseudomonas** cuentan con una actividad reductora de hidrocarburos ya que producen biosurfactantes y enzimas que degradan y favorecen a la biorremediación de estos mismos durante los días de tratamiento de los suelos contaminados, esta actividad se puede apreciar en la Figura 10.

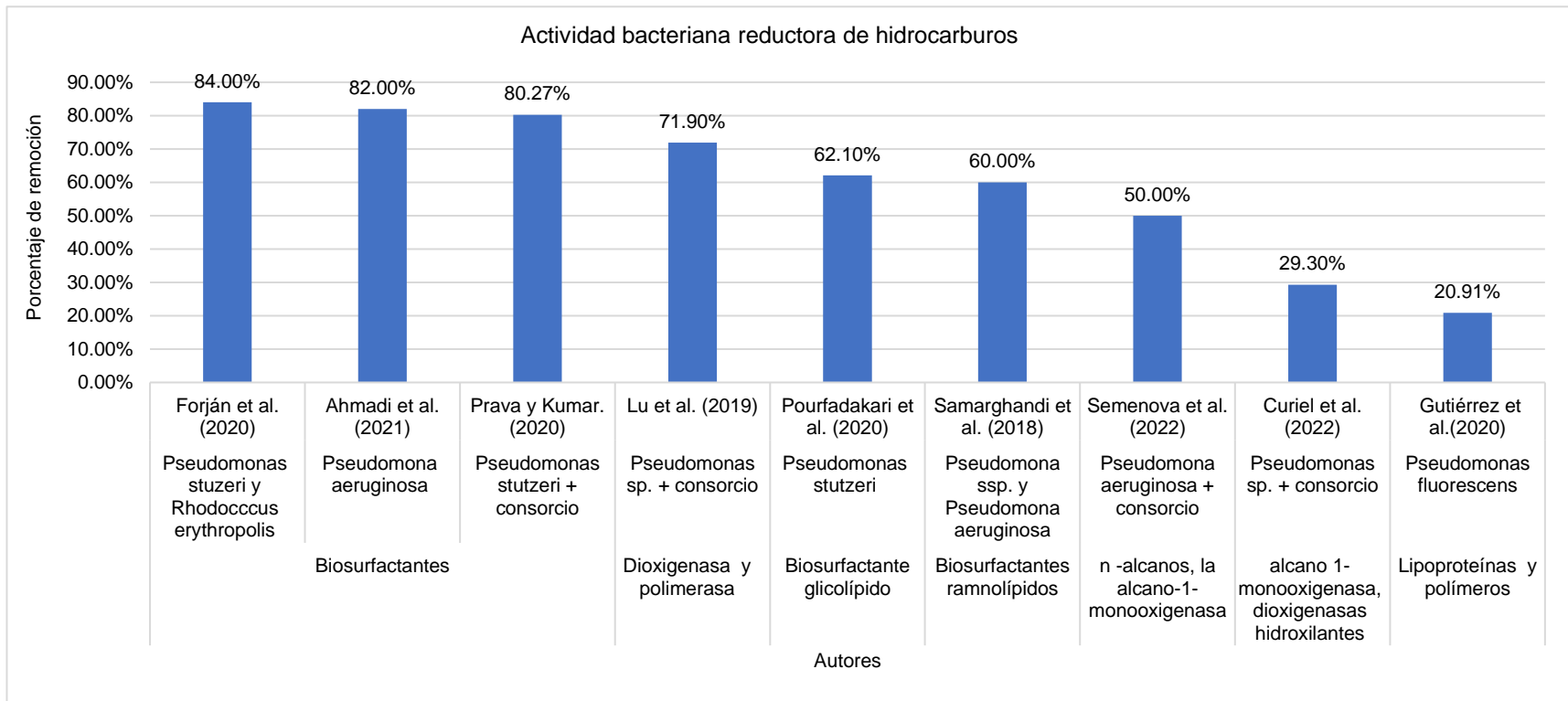


Figura 10. Actividad bacteriana reductora de hidrocarburos.

La Figura 10 muestra que la actividad reductora estuvo mediada por la segregación de biosurfactantes alcanzando el 84% de remoción, el 82% y el 80.27% (Forjan et al., 2020; Prava y Kumar, 2020; Ahamadi et al., 2021) respectivamente. También se detectó la presencia de biosurfactantes glicolípidos con 62.10 % de remoción y biosurfactantes ramnolípidos con 60 % de remoción (Pourfadakari et al.,2020; Samarghandi et al., 2018). Otra actividad

reductora es la producción de enzimas n-alcano monooxigenasa, dioxigenasa e hidrolasas (Semenova et al., 2022; Curiel et al., 2022 y Lu et al., 2019).

Por otro lado, es importante la medida de los parámetros fisicoquímicos antes y después del tratamiento de bacteriano de los suelos contaminados con hidrocarburos, dichos parámetros se muestran en la Tabla 8.

Tabla 8. Parámetros fisicoquímicos de los suelos contaminados con hidrocarburos antes y después de su tratamiento.

Lugar de muestra	pH		Temperatura (°C)		Conductividad eléctrica (dS/m)		Humedad (%)		Materia orgánica		Autores
	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	
Murmansk-Rusia del norte	8	-	9 °C	-	-	-	-	-	-	-	Semenova et al. (2022)
Irán	7	7	-	-	46 dS/m	-	-	-	-	-	Ahmadi et al. (2021)
Qatar.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Alsayegh, Al -Ghouti y Zouari (2021)
India	7.6	-	36.03°C	-	-	-	30%	-	-	2.21%	Prava y Kumar (2020)
Basrah, Irak	7.5	8.66	-	-	1.120 dS/m	1.616 dS/m	2.40%	9.90%	1.35%	2.45%	Aboud, Burghal y Laftah (2021)
Veracruz, México	7,85	-	-	-	-	-	32.64%	-	11.14 ± 0.26%	-	Gutiérrez et al. (2020)
Asturias, norte de España	7	8	-	-	0.13 dS/m	-	-	-	0.20%	-	Forján et al. (2020)
Ningbo, China	5.98	-	-	-	-	-	30%	-	0.50%	-	Bidja et al. (2020)
Juzestán, Irán.	6.4	-	-	-	1.230 dS/m	-	11%	-	1.10%	-	Pourfadakari et al. (2020)

Brasil	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Amaral et al. (2018)
Toledo, España	7.1	7.1	-	-	0.00146 dS/m	0.00185 dS/m	-	-	-	-	Curiel et al. (2022)
Irán	7.5	5.3	25.5°C	29°C	1.2 dS/m	-	50%	-	-	-	Nozari, Ebrahimi y Dehghani (2018)
Kermanshah en Irán	6.7	-	-	-	0.0391 dS/m	-	-	-	-	-	Samarghandi et al. (2018)
Jiangsu, China.	-	-	25°C	-	-	-	-	-	-	-	Lu et al. (2019)
Corea	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Lee et al. (2018)
China	7.5	8.1	-	-	-	-	-	-	-	-	Liao et al. (2019)
Mar Caspio	8.2	-	29°C	-	48 dS/m	-	-	-	-	-	Tanzadeh et al. (2020)

En la tabla 8 se muestran los parámetros fisicoquímicos de los suelos contaminados con hidrocarburos antes y después del tratamiento de biorremediación como pH, temperatura, conductividad eléctrica, humedad y materia orgánica. Asimismo, el pH se muestra en la Figura 11.

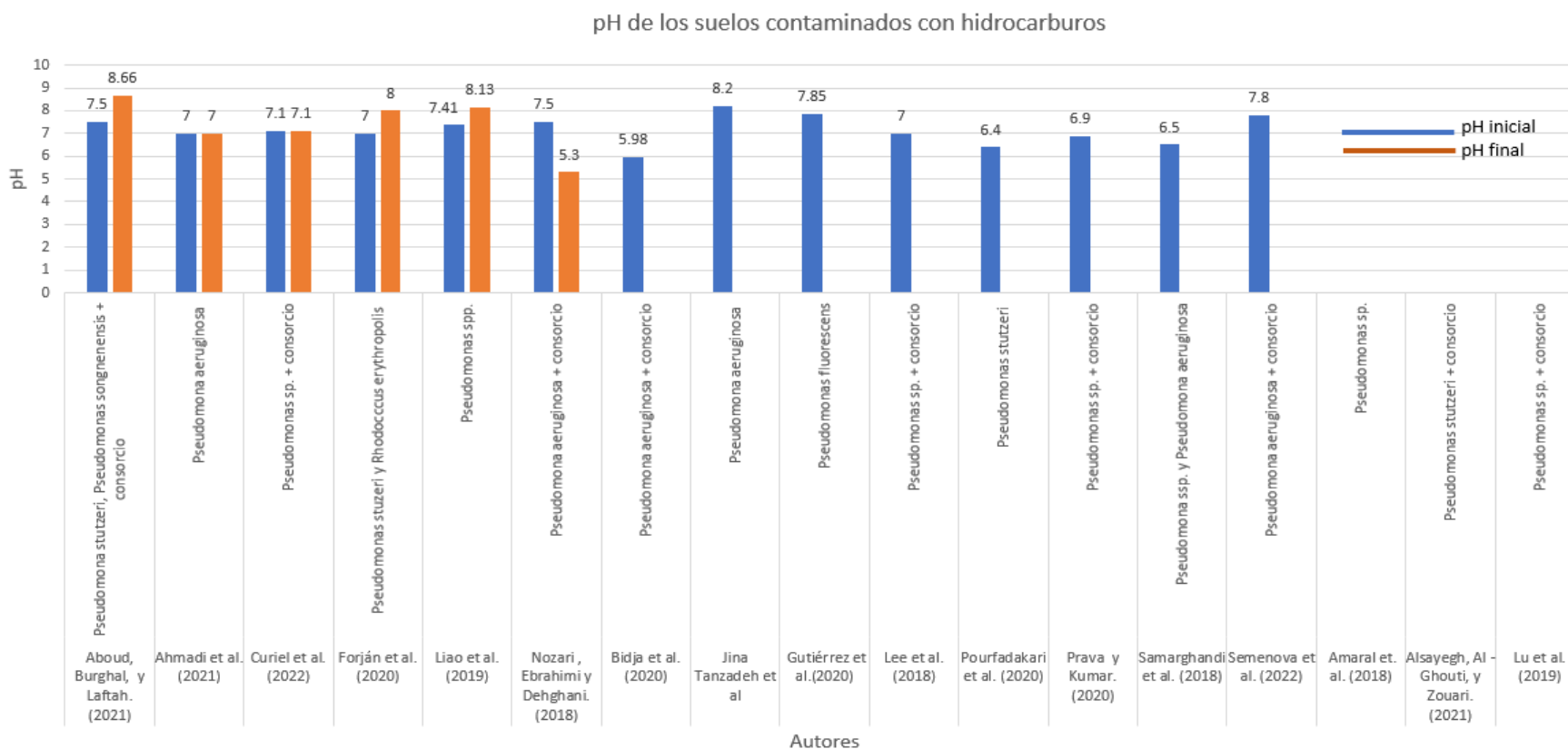


Figura 11. pH de los suelos contaminados antes y después del tratamiento.

En la Figura 11 se observó que los valores de pH inicial en los suelos contaminados antes del tratamiento oscilaron entre 6.4 y 7.5 (Pourfadakari et al., 2020; Nozari, Ebrahimi y Dehghani, 2018). Además, de los estudios que midieron el pH después del tratamiento con *Pseudomonas* tuvieron una tendencia a la alcalinidad variando de 7.5 a 8.66 (Aboud, Burghai y Laftah, 2021). También, en otras investigaciones el pH después del tratamiento no varió y se mantuvo en 7 (Ahmadi et al., 2021). Asimismo Nozari, Ebrahimi y Dehghani (2018), luego de tratar el suelo contaminado con hidrocarburos con *Pseudomona aeruginosa* más un consorcio bacteriano el pH varió de 7.5 a 5.3 con una tendencia hacia la acidez. Finalmente, en algunas investigaciones no se hace mención del pH. Lo mencionado indica una amplia inestabilidad en los valores del pH de los suelos contaminados con hidrocarburos desde pH ácidos o neutros.

Por otro lado, un parámetro importante en el tratamiento de los suelos contaminados con hidrocarburos es la Temperatura, esta se mide antes y después del tratamiento de biorremediación y se muestra a continuación en la Figura 12.

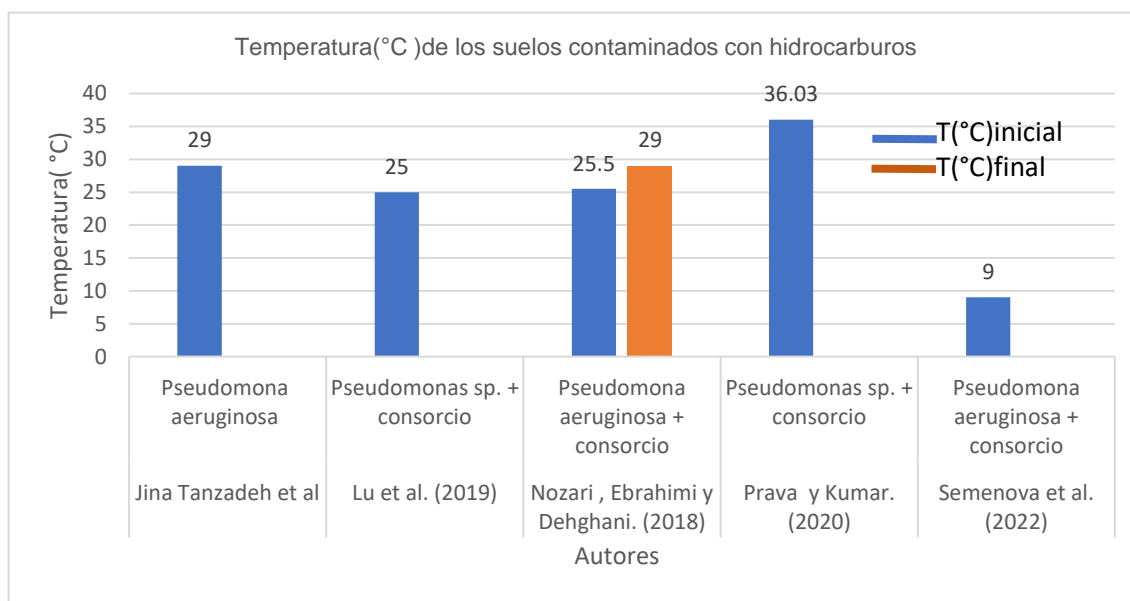


Figura 12. Temperatura inicial y final de las muestras de suelo.

En la figura 12 se observó que la temperatura varía de 25.5°C a 29°C después de aplicar *Pseudomona aeruginosa* más un consorcio bacteriano (Nozari, Ebrahimi y Dehghani, 2018). Además, se observó que diversos estudios solo midieron la temperatura inicial mas no la final, las temperaturas iniciales tuvieron un rango de 9°C (Rusia) y 36.03°C (India), esta variación fue influida por el lugar de localización de la muestra y el tipo de clima.

Asimismo, un parámetro importante es la humedad y se mide en porcentaje (%) y sus variaciones antes y después del tratamiento como se muestra en la Figura 13.

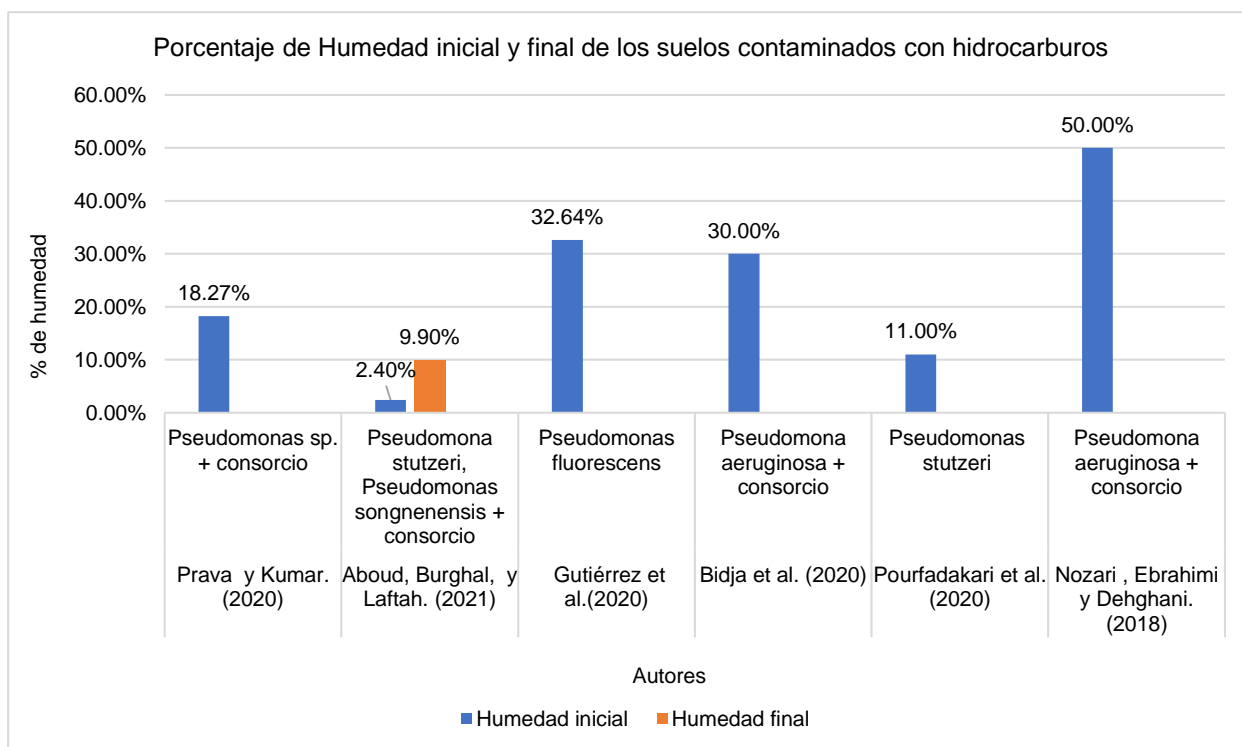


Figura 13. Humedad del suelo antes y después del tratamiento.

En la figura 13 se observó después de aplicar *Pseudomona Stutzeri* la humedad varió de 2.40 a 9.90% siendo lo más significativo que la humedad del suelo contaminado por hidrocarburos puede llegar a tener valores muy bajos.

Además, se observó que diversos estudios solo midieron el porcentaje de humedad inicial del suelo contaminado, el que osciló entre 11% y 18.27% respectivamente (Pourfadakari et al., 2020; Prava y Kumar, 2020).

Un parámetro del suelo es la conductividad eléctrica, ya que se relaciona con la concentración de sales disueltas y se ven traducidas en la conducción de corriente eléctrica que influye en la medida que la raíz de una planta absorba nutrientes del mismo, en los artículos estudiados se da mayor énfasis a solo medir la conductividad eléctrica inicial como se muestra en la Figura 14.

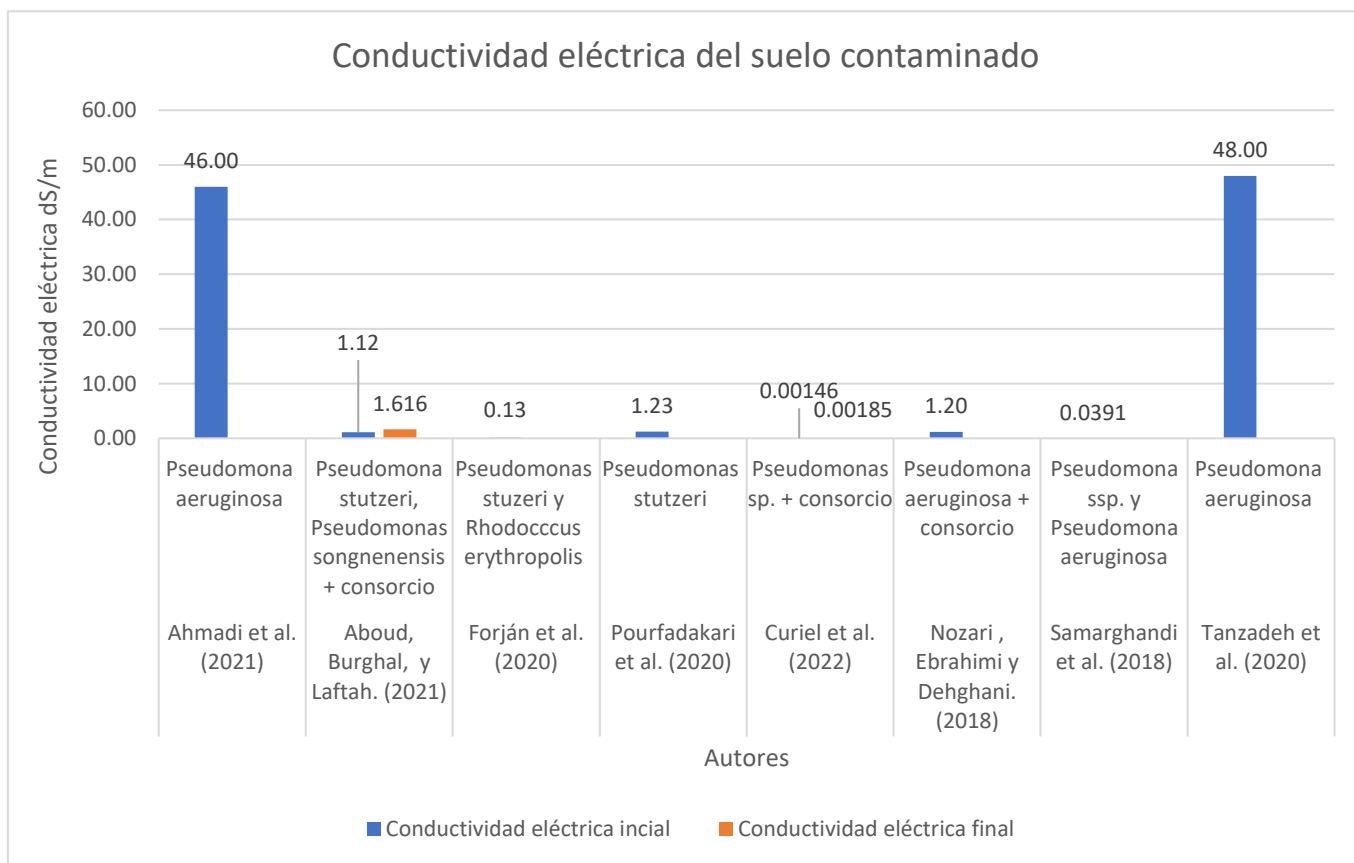


Figura 14. Conductividad eléctrica del suelo contaminado con hidrocarburos antes y después.

Se observa en la Figura 14, que el estudio de Aboud, Burghal y Laftah (2021), muestra la conductividad eléctrica inicial y final, mientras que en otras investigaciones

solo indicaron conductividad eléctrica inicial (Ahmadi et al., 2021; Forjan et al., 2020; Pourfadakari et al., 2020; Tanzadeh et al., 2020; Samarghandi et al., 2018). Los datos mostrados, solo nos indican que los suelos contaminados con hidrocarburos pueden llevar a una conductividad eléctrica demasiado elevada hasta los 48 y 46 dS/m (Tanzadeh et al., 2020; Ahmadi et al., 2021).

Por otra parte, un parámetro importante de los suelos es, la materia orgánica medida antes y después de su contaminación como se muestra en la figura 15.

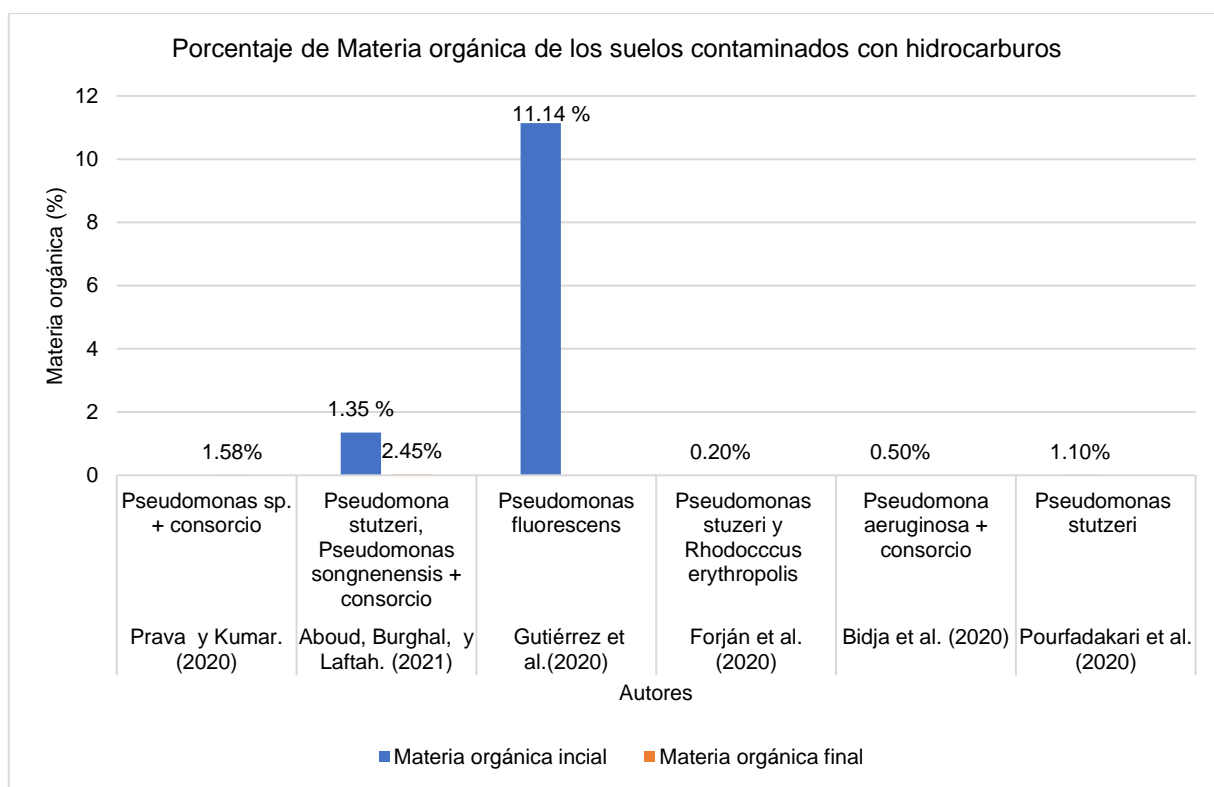


Figura 15. Materia orgánica de los suelos.

Se observa en la Figura 15 que la materia orgánica antes y después del tratamiento varió de 1.35% a 2.45% (Aboud, Burghal y Laftah, 2021). mientras los demás estudios solo midieron valores iniciales de materia orgánica, uno de los datos más significativos son los datos mostrados del contenido de materia orgánica inicial fue 11.14 % siendo un valor demasiado alto, lo que nos pueden indicar que los suelos

contaminados con hidrocarburos pueden llevar a una % de MO muy elevados (Gutierrez et al. 2020).

También se hizo énfasis en el porcentaje de remoción junto al tipo de suelo, ello se muestra en la Tabla 9 a continuación.

Tabla 9. Porcentajes de remoción alcanzado y tipos de suelo

Autor	Tipo de suelo	Porcentaje de remoción
Semenova et al. (2022)	Lodos Arenosos	50.00%
Ahmadi et al. (2021)	Arcilloso: 21% y arenoso 68,91%	82.00%
Aboud, Burghal y Laftah (2021)	Francos arenosos	47.31%
Gutiérrez et al. (2020)	arcilloso arenoso	20.91%
Forján et al. (2020)	Arena (43%), Limo (19%) y arcilla (39%)	84.00%
Pourfadakari et al. (2020)	Suelo arena: 30.7%, Arcilla 28.5%	62.10%
Curiel et al. (2022)	Arena (58.3%), Limo (29.8%) y arcilla (11.8%)	29.30%
Nozari, Ebrahimi y Dehghani (2018)	Limo: 44.85, arena:33.6 %	28.50%
Samarghandi et al. (2018)	franco arenoso	60.00%
Lee et al. (2018)	Franco-arenoso (12,3 % arcilla, 12,1 % limo y 75,6 % arena	42.30%
Liao et al. (2019)	suelo limoso y franco arenoso	92.40%

Se observa de la Tabla 9, Los porcentajes de remoción de hidrocarburos alcanzados, en función al tipo de suelo así mismo el orden de los porcentajes se observa en la Figura 16 y se muestra a continuación.

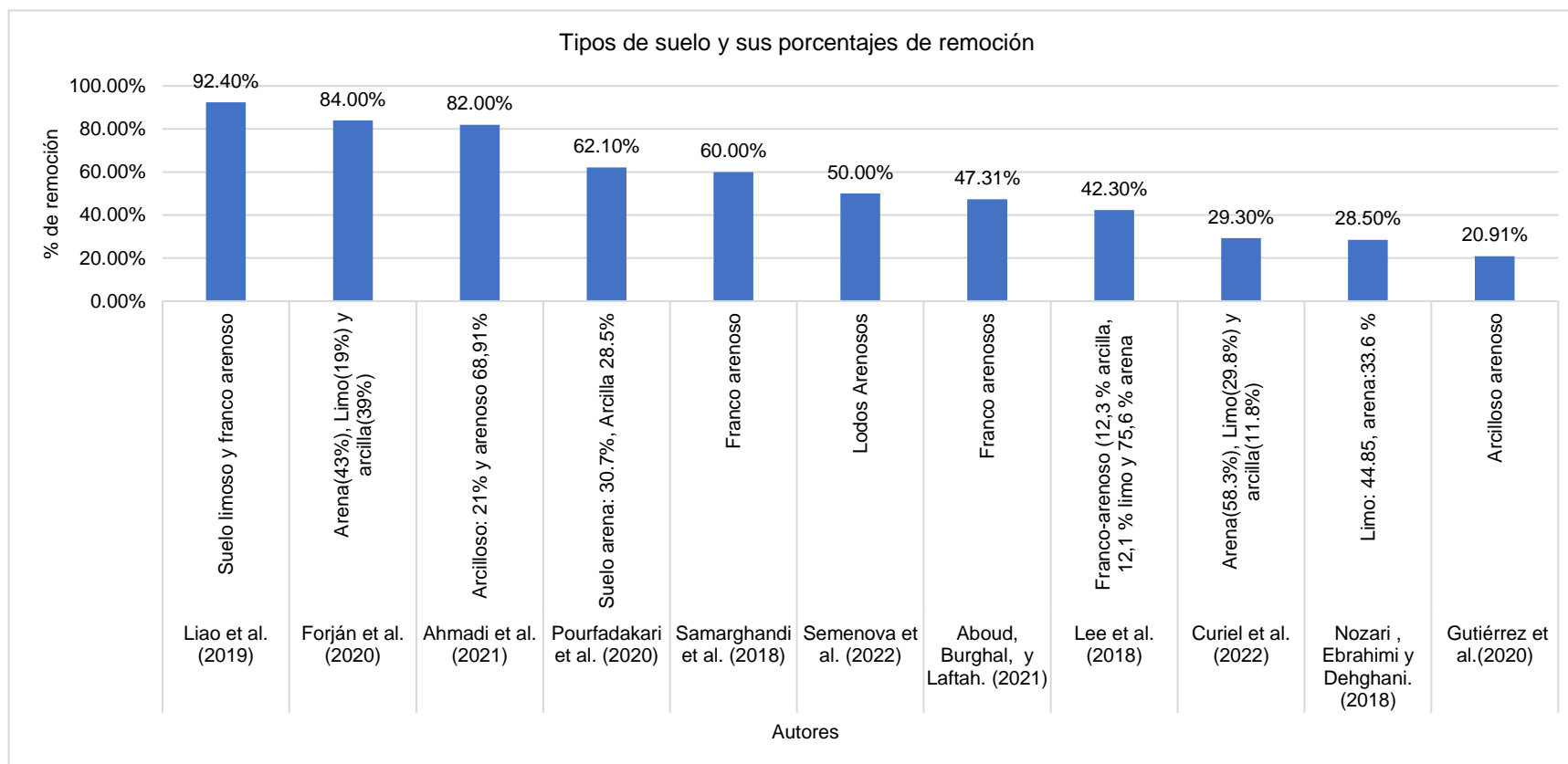


Figura 16. Tipos de suelo usados en la biorremediación de hidrocarburos y sus porcentajes de remoción.

Se observa en la Figura 16 que el suelo en el que se alcanzó el mayor porcentaje de remoción de hidrocarburos del petróleo (92.40%) fue del tipo limoso y franco arenoso (Liao et al. 2019), seguido del (84%) suelo arenoso, limoso arcilloso (Forján et al. 2020), finalmente el (82%) de remediación se alcanzó en suelos arcillosos y arenosos (Ahmadi et al., 2021).

Por su parte, dentro del análisis de la revisión se tomó en cuenta el porcentaje de remoción, la concentración y el tipo de hidrocarburos degradado, lo mencionado se muestra a continuación en la Tabla 10.

Tabla 10. Porcentaje de remoción de hidrocarburos

Porcentaje de remoción	Tipo de hidrocarburo	Hidrocarburos totales de petróleo		Hidrocarburos aromáticos policíclicos		Tiempo de degradación	Autores
		Concentración inicial (mg/Kg), (mg/L) , (mg/g)	Concentración final (mg/Kg), (mg/L) , (mg/g)	Concentración inicial (mg/Kg), (mg/L) , (mg/g)	Concentración final (mg/Kg), (mg/L) , (mg/g)		
50.00%	HTP (alifáticos n- alcanos) de C ₁₂ a C ₃₀	39 mg/L	19.5 mg/L	-	-	60 días	Semenova et al. (2022)
82.00%	HAP (Pireno)	-	-	200 mg/L	36 mg/L	1 día	Ahmadi et al. (2021)
80.00%	TPH-(DRO) Y TPH-(ORO)	31100 mg/L	6220 mg/L	-	-	3 días	Alsayegh, Al - Ghouti y Zouari (2021)
80.27%	HTP	2.246 mg/g (2246 ppm)	0,444 mg/g (444 ppm)	-	-	60 días	Prava y Kumar (2020)
47.31%	HTP	41.6 g/Kg (41600ppm)	22 g/Kg (22000pm)	-	-	14 días	Aboud, Burghal y Laftah (2021)
20.91%	HTP	50.000 mg/Kg	39.545 mg/Kg	-	-	80 días	Gutiérrez et al. (2020)
84.00%	HAP	-	-	332 mg/Kg	53 mg/Kg	3 días	Forján et al. (2020)
91.52%	HTP (alifáticos n- alcanos) de C ₁₂ A C ₂₅	4 mg/ml (4000 ppm)	0.3392 mg/ml (339.2 ppm)	-	-	20 días	Bidja et al. (2020)
62.10%	HTP (alifáticos n- alcanos) n - hexano, n - hexadecano	3200 mg/Kg	1248 mg/Kg	-	-	4 días	Pourfadakari et al. (2020)

50.00%	HAP	250 mg/L	125 mg/L	-	-	30 días	Amaral et al. (2018)
29.30%	HTP	4051.0 mg/Kg	2864.5 mg/Kg	-	-	90 días	Curiel et al. (2022)
28.50%	HTP (alifáticos n- alcanos) n - hexano, n - hexadecano	-	-	-	-	3 días	Nozari, Ebrahimi y Dehghani (2018)
60.00%	HTP	13000 mg/L	5200mg/L,	-	-	30 días	Samarghandi et al. (2018)
71,9 %	HAP	-	-	97.63 mg/Kg	23.41 mg/Kg	35 días	Lu et al. (2019)
42.30%	HTP	2300 mg/kg	1327.1 mg/kg	-	-	15 días	Lee et al. (2018)
92.40%	HAP	-	-	385.2 mg/Kg	13.9 mg/Kg	15 días	Liao et al. (2019)
41.30%	HTP	191 mg/g (191000 ppm)	112.117 mg/g (112117 ppm)	-	-	22 días	Tanzadeh et al. (2020)

La Tabla 10 muestra a los 17 artículos consultados, se tomó en cuenta características como el método de identificación y cuantificación de hidrocarburos usados, el porcentaje de remoción de los mismos, la concentración inicial y final de hidrocarburos totales del petróleo y de hidrocarburos aromáticos policíclicos, también se observó el tiempo de degradación y los autores de cada estudio. La representación gráfica de los parámetros de esta tabla que empieza desde, el porcentaje de remoción, los tipos de hidrocarburo degradados además sus concentraciones iniciales y finales, los días de remoción y los autores de los estudios.

Un detalle importante son los tipos de Hidrocarburos que puede degradar el género *Pseudomonas*, ya sea que trabajen solas o en consorcio, estos se muestran en la Figura 17.

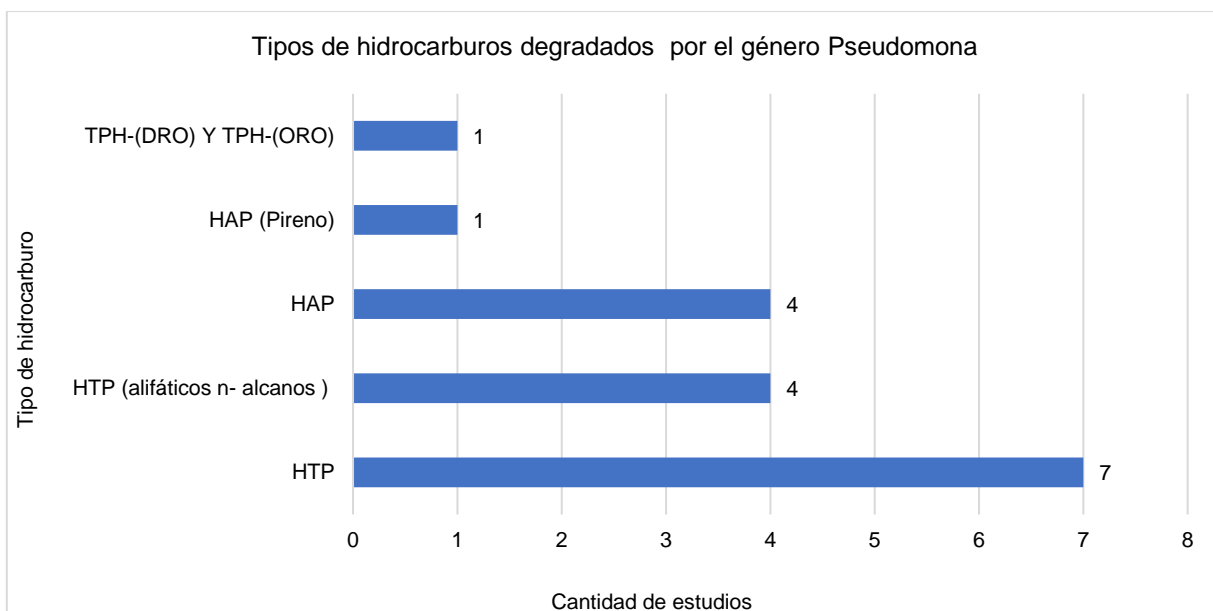


Figura 17. Tipos de hidrocarburos degradados por estudio

En la Figura 17 se observó que el género *Pseudomonas* es capaz de degradar muchos tipos de hidrocarburos, durante la revisión se observó que 7 investigaciones estaban enfocadas en la degradación de Hidrocarburos totales del petróleo (HTP), 4 en los (HTP) específicamente alifáticos n-alcanos, 4 estudios orientados a la degradación de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), 1 enfocado especialmente al (HAP- Pireno) y 1 estudio a los TPH (Fracción diésel (DRO) y gasolina (ORO)).

En la Figura 18 se muestra el porcentaje de remoción de hidrocarburos en función a la concentración inicial y final en ppm por cada estudio usando a las bacterias del género *Pseudomona* ya sea solas o en consorcio.

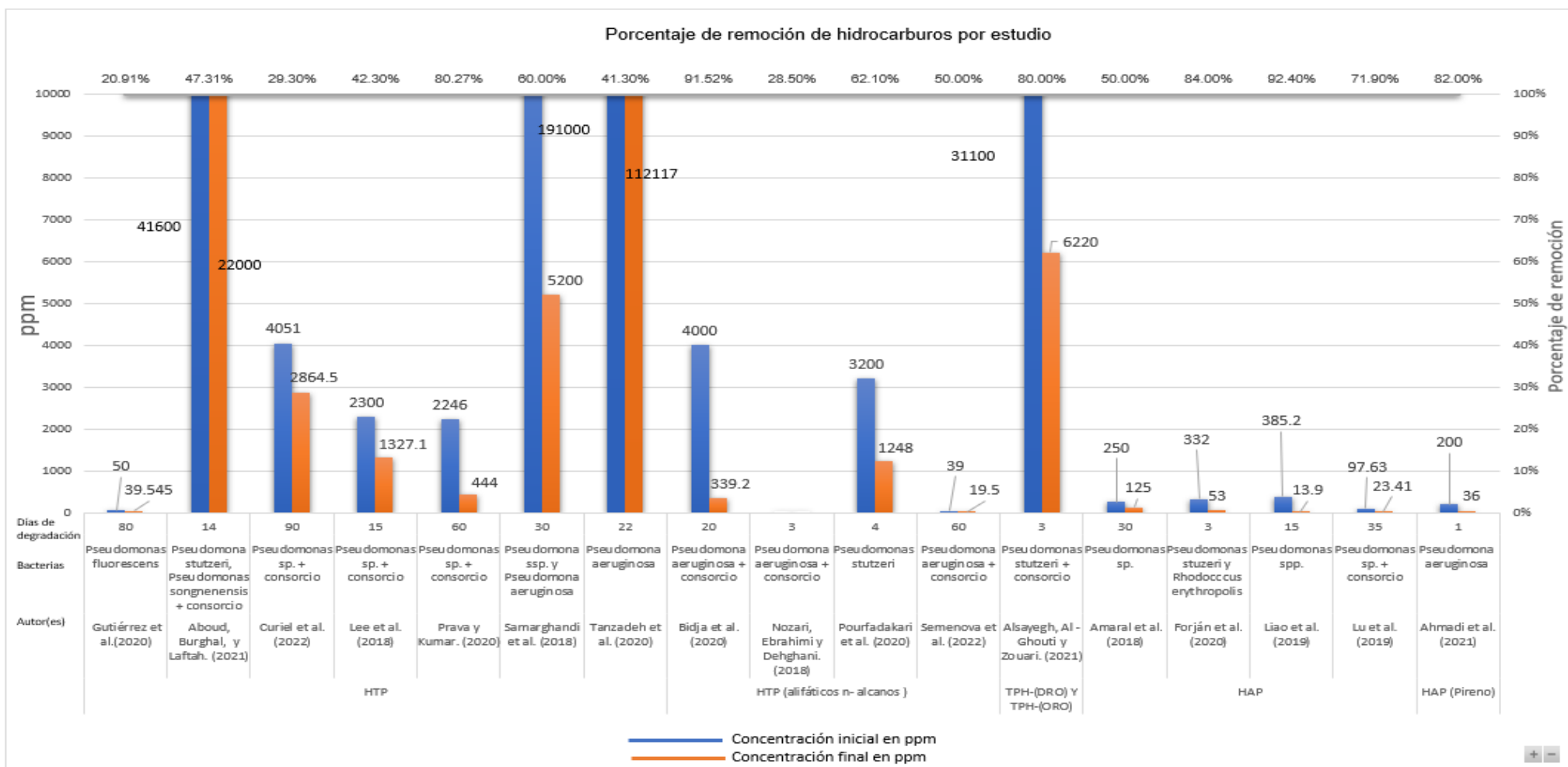


Figura 18. Porcentaje de remoción de hidrocarburos en función a la concentración inicial y final.

Se observó en la Figura 18 los porcentajes de remoción de hidrocarburos del suelo por parte del género *Pseudomona* va desde 20.91% en 80 días por *Pseudomona Fluorescens* a 92.40% cuando con *Pseudomonas* spp. en 15 días (Gutiérrez et al., 2020; Liao et al., 2019).

Igualmente, en 15 días el porcentaje de remoción de (HAP) fue (91.52 %) cuando aplicaron *Pseudomona aeruginosa* junto a un consorcio en 20 días (Bidja et al.,2020).

De los estudios analizados se muestra que las bacterias del género *Pseudomona* lograron degradar la concentración de hidrocarburos desde 31100 ppm de concentración inicial hasta los 6200 ppm final, el cual reflejó el 80% de degradación en 3 días de los HTP (DRO y ORO), para ello usaron la *Pseudomona Stutzeri* + consorcio (Alsayegh, Al -Ghouti y Zouari, 2021). Asimismo Ahmadi et al. (2021), usaron la *Pseudomona aeruginosa* y en tan solo 1 día esta bacteria degradó a escala de laboratorio el 82% de (HAP- pireno) cuya concentración inicial fue 200 ppm y final de 36 ppm. De igual manera, Prava y Kumar (2020), usaron la *Pseudomona* sp. + consorcio, ellas lograron reducir la concentración inicial de (HTP) de 2246 a 444 ppm final, ello reflejó el 80.27% de remediación en 60 días. También, Lu et al. (2020), aplicaron las *Pseudomonas* sp. + consorcio, ellas redujeron la concentración inicial de 97.63 a 23.41 ppm, esto reflejó un 71.90% de remediación de HAP en 35 días. De manera similar, Pourfadakari et al. (2020), aplicaron la *Pseudomona Stutzeri* y en 4 días se redujo la concentración inicial de 3200 a 1248 ppm y reflejó un 62.10% de remediación de (HTP alifáticos n- alcanos). De igual forma, **Samargandhi et al. (2018)** usaron (*Pseudomona* spp. + *Pseudomona aeruginosa*) y obtuvieron una reducción de 13000 ppm de concentración inicial hasta 5200 ppm final, esta se tradujo en 60% de remoción de (HTP) en 30 días. Así mismo, **Amaral et al. (2018)** aplicaron la *Pseudomonas* sp. durante 30 días, se redujo la concentración de 250 a 125 ppm y se alcanzó un porcentaje de remediación de 50% de (HAP) de un suelo contaminado.

Por otro lado, Con respecto a los días de remediación encontrados en los estudios analizados, varían de 1 día a escala en laboratorio(biorreactores) a 90 de

aplicación indistintamente del porcentaje alcanzado (Ahmadi et al., 2021; Curiel et al., 2022).

Finalmente, los métodos para identificar y cuantificar los hidrocarburos usados en los estudios investigados se muestran en la Tabla 11.

Tabla 11. Tipo de métodos para la identificación y cuantificación de los hidrocarburos

Tipo de método para la identificación y cuantificación de los hidrocarburos	Autores
Espectrofotometría de masas por cromatografía de gases líquida	Semenova et al. (2022)
Espectrofotometría de masas por cromatografía de gases líquida	Ahmadi et al. (2021)
Análisis infrarrojo por transformada de Fourier (FTIR)	Alsayegh, Al -Ghouti y Zouari (2021)
Análisis infrarrojo por transformada de Fourier (FTIR)	Prava y Kumar (2020)
Método gravimétrico	Aboud, Burghal y Laftah (2021)
Método gravimétrico	Gutiérrez et al. (2020)
Espectrofotometría de masas por cromatografía de gases líquida	Forján et al. (2020)
Espectrofotometría de masas por cromatografía de gases líquida	Bidja et al. (2020)
Espectrofotometría de masas por cromatografía de gases líquida	Pourfadakari et al. (2020)
Espectrofotometría de masas por cromatografía de gases líquida	Amaral et al. (2018)
Espectrofotometría de masas por cromatografía de gases líquida	Curiel et al. (2022)
Espectrofotometría de masas por cromatografía de gases	Nozari, Ebrahimi y Dehghani. (2018)
Espectrofotometría de masas por cromatografía de gases	Samarghandi et al. (2018)
-	Lu et al. (2019)

-	Lee et al. (2018)
-	Liao et al. (2019)
Espectrofotometría de masas por cromatografía de gases	Tanzadeh et al. (2020)

Los métodos para identificar y cuantificar los hidrocarburos son muy importantes, en las diversas investigaciones los tipos de métodos se describen en la Figura 19.

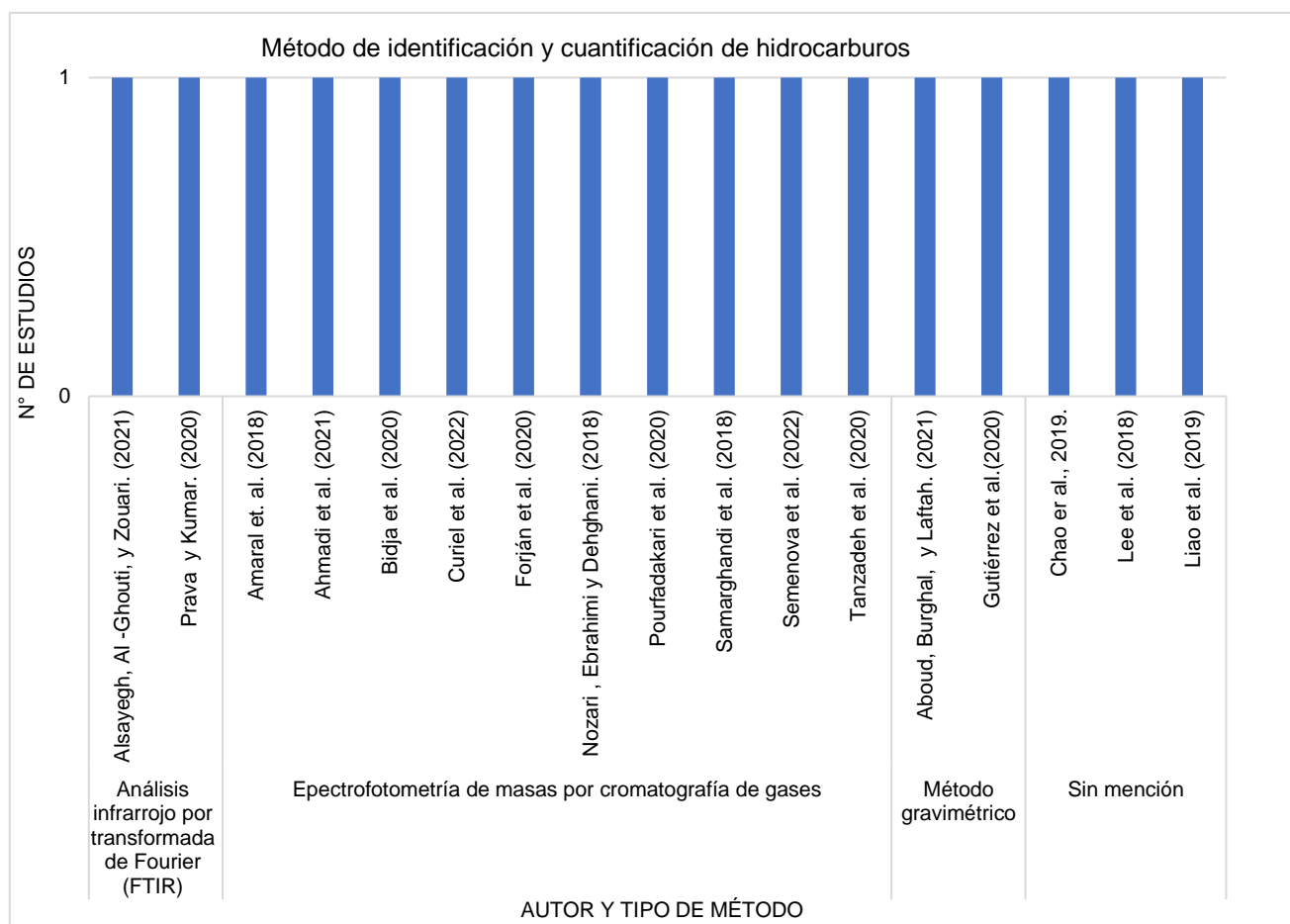


Figura 19. Método de identificación y cuantificación de hidrocarburos por estudio.

Se observa claramente que el método más utilizado para identificar y cuantificar los hidrocarburos, probablemente por su metodología y costo es el de la espectrofotometría de masas por cromatografía de gases ya que fue usado en 10 de los estudios consultados, el segundo método usado fue el método gravimétrico (2)

estudios, el tercero fue el método de Análisis infrarrojo por transformada de Fourier (FTIR) en (2) artículos, finalmente 2 de los estudios no mencionó cual fue le método usado.

V. DISCUSIÓN

A partir del desarrollo de la revisión sistemática, se analizaron 17 investigaciones que cumplieron con los criterios de inclusión y exclusión, destacando las especies más importantes de *Pseudomona* que son capaces de metabolizar hidrocarburos contaminados del suelo, las condiciones operacionales de crecimiento, los parámetros fisicoquímicos del suelo contaminado antes y después, así como los porcentajes de remoción alcanzados.

Al respecto, de la revisión, en relación a los objetivos, determinar los tipos de *Pseudomonas* participantes en la biorremediación y determinar el porcentaje de remoción de los suelos contaminados con hidrocarburos usando este género bacteriano, se encontró que, Amaral et al. (2018), usaron ***Pseudomona sp.***, alcanzando el **50%** de remoción de (HAP) en 30 días ocasionada por la producción de tensioactivos o biosurfactantes. Estudios relacionados usaron este género bacteriano removiendo el **93.52%** de hidrocarburos totales del petróleo en 60 días en un biorreactor, también se detectaron biosurfactantes degradadores (Molina, Liporace y Quevedo, 2021). Por otra parte, se identificó que ***Pseudomona sp.*** pudo trabajar **junto a un consorcio bacteriano** reduciendo la concentración de hidrocarburos totales del petróleo (HTP) de 2246 a 444 ppm resultando un 80.27% de remoción en 60 días (Prava y Kumar 2020). También, Lu et al. (2020), al aplicar un consorcio en 35 días se removió el **71.90%** de Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), mostrándose también la utilidad de los consorcios en degradar hidrocarburos.

Asimismo, ***Pseudomonas spp.***, alcanzó el **92.40%** de remoción de (HAP) en 15 días (Liao et al., 2019). Por su parte, Ugaz et al. (2020), usaron esta bacteria presentando una gran capacidad productora de biosurfactantes remediando el **35 y 31%** de hidrocarburos totales del petróleo (n- alcanos) en 4 días.

Otro género identificado fue ***Pseudomona aeruginosa***. Según, Ahmadi et al. (2021), en 1 día de aplicación, esta bacteria redujo la concentración de (HAP- Pireno) de 200 ppm a 36 ppm que reflejo el **82%** de remoción. También **esta bacteria junto a**

un consorcio en 20 días removió el **91.52 %** de (HTP (alifáticos n- alcanos) de C₁₂A C₂₅), (Bidja et al., 2020). Estudios similares usaron este género bacteriano igualmente alcanzando grandes porcentajes de remoción con bioaugmentación removieron del hasta el 90% de (HTP (alifáticos n- alcanos) en condiciones de meteorización del suelo detectándose biosurfactantes en la remoción (Zahraa et al., 2017). Asimismo, Benchouk y Abdelwaheb (2017), removieron el 80.86% de (HTP) en 12 días. También, Zenab et al. (2021), lograron remover hasta el 83.6 % de pireno y naftalina con estas bacterias. Finalmente, Tao et al. (2018) alcanzaron el 79.7% de remoción de (HAP) en 10 días aplicando este género bacteriano, la remoción también se atribuyó a la producción de biosurfactantes ramnolípidos en la degradación.

También en la revisión se identificó la combinación de ***Pseudomona aeruginosa*** con ***Pseudomonas spp.***, reduciendo la concentración de (HTP) de 13000 ppm a 5200 ppm reflejado en el **60%** de remoción en 30 días (Samargandhi et al., 2018).

Por su parte, Pourfadakari et al. (2020), usaron otra bacteria de este género, ***Pseudomona Stutzeri*** removiendo el 62.10% en 4 días de (HTP alifáticos n- alcanos), variando la concentración de 3200 a 1248 ppm, la remoción fue ocasionada por la presencia de biosurfactantes glicolípidos. Estudios previos como Dana et al. (2019), también usaron la ***P. stutzeri***, removiendo el **53%** de hidrocarburos totales del petróleo (HTP) en 15 días, también se detectó degradantes de hidrocarburos como la enzima deshidrogenasa.

Asimismo, cuando a ***Pseudomona Stutzeri*** se le **adicionó un consorcio** como lo menciona Alsayegh, Al -Ghouti y Zouari (2021), la concentración varió de 31100 a 3200 ppm alcanzando una remoción del **80%** de los HTP (DRO y ORO) en 3 días.

También se detectó el uso de ***Pseudomona Fluorescens*** con el 20.91% de remoción en 80 días con la producción de biosurfactantes (Gutiérrez et al., 2020). De igual manera, Benchouk y Abdelwaheb (2017), también usaron **esta bacteria alcanzando un 33.98%** de remoción en 12 días igualmente con la detección de biosurfactantes que degradaron los hidrocarburos.

Lo mencionado anteriormente refleja la variabilidad de los estudios en usar solo una especie bacteriana de *Pseudomonas* porque se conoce que estas bacterias degradan hidrocarburos totales del petróleo (HTP) e hidrocarburos aromáticos (HAP) policíclicos (Nogales, García y Díaz, 2017; Furmanczy et al., 2018) o también se usan bajo un consorcio para aumentar su eficiencia. (Karlapudi et al., 2018; Verasoundarapandian et al., 2020). Asimismo, el tiempo de aplicación para su efectividad puede ser hasta 90 días en el suelo mismo o muy cortos de 1 día porque se usan biorreactores donde se controla las condiciones operacionales de crecimiento (Curiel et al., 2022; Ahmadi et al., 2021).

También se pudo encontrar, que el método usado en el 100% de las investigaciones analizadas de la revisión es la **identificación genotípica del gen 16SrRNA**, como se conoce, esta región tiene las copias de los genomas bacterianos universales para la identificación bacteriana (Alown, Alsharidah y Shamsah, 2021).

Adicionalmente, en las investigaciones encontradas de la revisión estudiada el método de biorremediación por bioaumentación fue usado en 15 investigaciones, debido a que este método es efectivo porque mejora la capacidad degradativa de los contaminantes orgánicos y se pueden usar microorganismos solos o en consorcios (Benayhia y Shams 2016; Nwankwegu et al., 2022). Además, este método es más útil que la bioestimulación ya que evita la contaminación secundaria por altas dosis de nutrientes (Nzila et al., 2018).

De las condiciones operacionales de crecimiento de las bacterias del género *Pseudomonas*, se consideraron el medio de cultivo, pH, Temperatura, dosis bacteriana inicial y final, así como su actividad reductora. Los valores de pH usados por los autores fijaron valores de **7.5, 7.0 a 7.2, 5 a 9, 7, 7.2 y 7.0** (Zhaoyang et al., 2018; Deivakumari et al., 2020; Sunita y Vivek, 2020; Chaida et al., 2021; Muthukumar et al., 2021; Al disí et al., 2017; Dana et al., 2019).

Así mismo las ***Pseudomonas aeruginosa*, *P. stutzeri* y *P. mendocina*** crecieron entre **4- 8°C y 37°C** para (Ruiz, Radwan y Sriebich, 2021; Muthukumar et al., 2021). Los medios más usados fueron el medio Sal mineral (MSM), Bushnell Hass (BHM)

suplementados con 1 o 2 % de petróleo crudo (v/v) entre otros. Con respecto a la dosis utilizada por los estudios, la mínima dosis fue **3.1 × 10⁴ CFU** de *Pseudomona aeruginosa* (Muthukumar et al., 2021). En tanto, los días de incubación son variables de **5 a 60 días** con 76.14% de remoción (Deivakumari et al., 2020; Sunita y Vivek, 2020).

De las 17 investigaciones analizadas en la revisión sistemática las condiciones operacionales óptimas para el crecimiento de las bacterias de este género ya sea solas o en consorcios ubicaron rangos de pH en **7.2** (Lee et al., 2018; Alsayegh, Al-Ghouti y Zouari, 2021) y pH **7 para los demás estudios**, la temperaturas de incubación alcanzaron rangos de **10°C a 37.5°C** (Semenova et al., 2022; Nozari, Ebrahimi y Dehghani, 2018).

Los medios más usados fueron el Medio sal mineral (MSM) suplementado por 2% (v/v) de petróleo crudo, Bushnell Hass (BHM), medio glucosa, asparagina, extracto de levadura (GAE), medio caldo nutritivo, medio sal basal mínimo (MSB). Las dosis bacterianas partieron de **6.65x10³ UFC y 1x10⁴ UFC** (Bidja et al., 2020; Nozari, Ebrahimi y Dehghani, 2018). Además, los rangos de incubación de estas bacterias oscilaron de **2 a 30 días** (Prava y Kumar, 2020; Samarghandi et al., 2018) alcanzando el 80 y 60% de remoción de HTP respectivamente.

Lo resultados de todos los estudios contrastan bastante bien con respecto al crecimiento de las Pseudomonas, ya que estas bacterias crecen a temperaturas bajas (Ramos, Goldberg y Filloux, 2015). Por su parte, Vanzetto y Thome (2021), dicen que las Pseudomonas crecen óptimamente entre **4 °C y 42 °C** y a **pH neutro alcanzan su mejor actividad metabólica**, ello hace que estas bacterias tengan un el amplio rango de temperatura para crecer y permitir la degradación de los hidrocarburos. Además, soporta **la razón del porque** los estudios usaron Pseudomonas con crecimiento en medios a pH neutro.

También, Muñoz y Pacheco (2017), indican el crecimiento de este género bacteriano va de 10°C a 45°C y las dosis se duplica cada 10°C. Además, las concentraciones usadas en la los estudios de la revisión están por encima de la dosis

mínima ideal de 10^3 y 10^5 UFC/g que se debe usar para lograr una adecuada remediación (Samaei et al., 2014; Mishra et al., 2001).

Así mismo las bacterias de este género pueden crecer ya desde el **segundo día** de incubación y aplicación hasta **60 días** (Prava y Kumar, 2020; Sunita y Vivek, 2020) respectivamente. Ello está favorecido por los tipos de medio de cultivo usado, es el caso de los medios suplementados con petróleo como la sal mineral (MSM) o Bushnell que ayudan al crecimiento bacteriano.

Finalmente, la actividad reductora estuvo dada por la segregación de biosurfactantes y enzimas que permiten la degradación de los hidrocarburos, ya que tienen una alta actividad emulsionante y modifican la hidrofobicidad al disminuir la tensión superficial para separar las emulsiones de agua y aceite (Jadeja et al., 2019). Ello explica la razón de la alta capacidad de remoción de hidrocarburos por parte de este género bacteriano alcanzando el 84.82%, 82% y 80.27% (Forjan et al., 2020; Ahamadi et al., 2021; Prava y Kumar 2020).

Por otro lado, los parámetros fisicoquímicos del suelo contaminado con hidrocarburos se midieron antes y después, para ver los cambios que sufre el mismo después de la biorremediación con bacterias del género *Pseudomonas*.

Según Ricse y Solis (2021), la *Pseudomonas fluorescens* varió el pH del suelo de 6.25 a 7.2, la conductividad pasó de 0.106 a 0.120 dS/m, la humedad aumentó de 20.82% a 30%, la materia orgánica bajó de 4 a 3% y la temperatura pasó de 23°C a 20.5°C. Asimismo Pérez (2018), aplicando la bioaumentación con *Pseudomonas Fluorescens*, el pH pasó de 8.92 a 7.77, la conductividad de 6.77 a 4.47 dS/m, la humedad de 54.3 a 69.6% y la temperatura de 19.70°C a 19.78°C.

Por su parte Conde et al. (2021), usando *Pseudomona* sp. el pH varió de 8.1 a 7.16 la humedad varió de 40 a 39.27%, la temperatura se mantuvo en 23.2°C, el porcentaje final de remoción fue 93.53% en 60 días. También Kavitha et al. (2018) utilizaron *P. putida* y *P. aeruginosa*, el pH varió de 7.6 a 7, la conductividad eléctrica inicial fue 0.89 dS/m, el porcentaje de remoción final fue 41%.

De los artículos analizados en la revisión, algunos midieron el pH inicial de los suelos contaminados por hidrocarburos indicando acidez 5.98, 6.4, 6.7 (Bidja et al., 2020; Pourfadakari et al., 2020; Lu et al., 2019).

Por su parte, los estudios que midieron los pH después del tratamiento sufrieron cambios en torno a la alcalinidad de 7.5 a 8.66 o se mantuvieron en pH neutro de 7 y 7.1 (Aboud, Burghai y Laftah, 2021; Ahmadi et al., 2021; Curiel et al., 2022). Asimismo, la humedad del suelo fue medida solo al inicio, llegando a tener valores muy bajos 2.40 y 11% (Aboud, Burghal y Laftah, 2021; Pourfadakari et al., 2020).

También la conductividad del suelo contaminado pudo llegar hasta los 48 y 46 dS/m siendo valores muy altos y la materia orgánica del suelo contaminado tuvo valores muy altos hasta 11.14% (Tanzadeh et al., 2020; Ahmadi et al., 2021; Gutierrez et al., 2020).

Finalmente el suelo del tipo limoso y franco arenoso alcanzó el 92.40% de remoción, seguido del 84% en suelos con arena, limo y arcilla, el 82% en suelos arcilloso arenoso (Liao et al., 2019; Forján et al., 2020; Ahmadi et al., 2021). Estos porcentajes fueron altos ya que los suelos del tipo franco-arcillosos- arenosos retienen mayor humedad que la textura arenosa sola (García, Infante y López, 2012). Por su parte Houlberg et al. (2010) dice que las muestras de suelo con textura franca y sus variantes incluyen también franco arcilloso limoso, franco arcilloso, franco limoso, franco arenoso ya que estos suelos tienen mayor disponibilidad y contacto con los microorganismos, parte clave para la biorremediación.

Se puede observar, que el método más usado para identificar y cuantificar los hidrocarburos es la espectrofotometría de masas por cromatografía de gases porque este método nos permite identificar fácilmente los compuestos orgánicos como los hidrocarburos y plaguicidas en el suelo (Takashi et al., 2018). Asimismo, los suelos contaminados por hidrocarburos pueden volver ácidos a los suelos porque el crudo reacciona con las sales minerales del mismo o en ocasiones el suelo no sufre ningún cambio significativo, los porcentajes de materia orgánica aumentan como consecuencia del contenido de carbono orgánico de los hidrocarburos y la

conductividad eléctrica se eleva porque los hidrocarburos tienen una gran cantidad de iones que se unen a los iones existentes del suelo. (Devatha, Vishal y Chandra 2019; Bautista et al., 2019; Hassan et al., 2019). Asimismo después de usar las bacterias del género *Pseudomona* los valores del pH tienden acercarse hacia la neutralidad porque a este nivel de pH se produce la mayoría de degradación de Hidrocarburos independientemente el valor inicial del mismo (Corti y Fetzner, 2001) la conductividad y la materia orgánica disminuyen (Alsayegh, Al-Ghouti y Nabil, 2021).

VI. CONCLUSIONES

- De las investigaciones analizadas en la revisión, se identificó que los tipos de *Pseudomona* que participaron en la biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos fueron los géneros: *Pseudomonas* sp., *Pseudomonas* spp., *Pseudomona aeruginosa.*, *Pseudomona Stutzeri.*, *Pseudomona Fluorescens.*, *Pseudomona songenensis* a su vez todas fueron identificadas por la secuenciación del gen 16SrRNA y el método de biorremediación por bioaumentación fue el más empleado.
- Las condiciones operacionales de crecimiento óptimas de las bacterias de este género oscilaron de 10°C a 37.5°C y el pH fue neutro en la mayoría de investigaciones, además el medio más usado fue el medio sal mineral (MSM) con rangos de 2 a 30 días de incubación y las mínimas dosis iniciales fueron 10⁶ y 10⁷ UFC, además estas bacterias segregaron enzimas y biosurfactantes que lograron reducir los hidrocarburos del suelo.
- Las investigaciones se enfocaron en caracterizar el suelo contaminado con hidrocarburos antes del tratamiento y no después, ello debido a que le dieron mayor énfasis a la variación inicial y final de la concentración en ppm de los hidrocarburos que se vieron expresadas en los porcentajes de remoción. Así mismo de los estudios que midieron la variación de los parámetros fisicoquímicos después del tratamiento podemos deducir que las bacterias de este género pueden neutralizar el pH del suelo, bajar los porcentajes de materia orgánica y disminuir la conductividad eléctrica. También el tipo de suelo franco y sus variantes son las texturas más aptas para desarrollar la biorremediación porque permite la mayor disponibilidad de nutrientes para los microorganismos.
- Finalmente, estas bacterias degradan los diferentes tipos de hidrocarburos totales del petróleo (HTP) en altos porcentajes alcanzando un 91.52% de (HTP

alifáticos n- alcanos) con ***Pseudomona aeruginosa*** más consorcio, 80.27% con ***Pseudomona sp.*** más consorcio y un 80 % de HTP (DRO y ORO) con ***Pseudomona Stuzeri*** más un consorcio. Asimismo, este género bacteriano también tuvo la capacidad de degradar los Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) en un 92.40% con ***Pseudomonas spp.***, alcanzando el 84% de remoción con ***Pseudomona Stuzeri*** y *Rodococcus* y 82% por ***Pseudomona aeruginosa***.

- Lo mencionado en los puntos anteriores refleja la gran eficiencia del género *Pseudomonas* para degradar hidrocarburos sola o en consorcios ya que estas bacterias al ser cosmopolitas han desarrollado una gran adaptabilidad para sobrevivir en ambientes hostiles incluso contaminados con hidrocarburos, asimismo al sobrevivir en todos tipos de ambientes permite su fácil recuperación y manipulación en laboratorios para condicionarlas mejor y aplicarlas en tratamientos de biorremediación como se pudo observar en toda la investigación.

VII. RECOMENDACIONES

- Evaluar siempre las características fisicoquímicas del suelo contaminado por hidrocarburos después del tratamiento bacteriano, con la finalidad de poder hacer un seguimiento exhaustivo a las modificaciones que va sufriendo el entorno contaminado, ello adicionado al énfasis que se le da la eficiencia usando en su mayoría solo el porcentaje de remoción de la concentración de los hidrocarburos.
- En futuros trabajos ayudar con aditivos a las bacterias que trabajan solas con el fin de aumentar su eficiencia remediadora de hidrocarburos del suelo.
- Desarrollar modelos matemáticos que permitan uniformisar las cantidades adecuadas de dosis y los tiempos adecuados para la remoción de hidrocarburos del suelo utilizando las diferentes especies bacterianas de este género *Pseudomonas*.

REFERENCIAS

1. Aboud, Burghal y Laftah. Genetic identification of hydrocarbons degrading bacteria isolated from oily sludge? and petroleum-contaminated soil in Basrah City, Iraq [en línea]. Vol.22, 2021. [Fecha de consulta: 21 de junio de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.13057/biodiv/d220441>

ISSN: 2085-4722

2. ADELEYE, A. [et al]. Enhanced degradation of hydrocarbons in spent engine oil contaminated soil by *Pseudomonas aeruginosa* AND *Alcaligenes faecali*. FUW Trends in Science & Technology Journal [en línea]. Vol. 5 August, 2020. [Fecha de consulta: 20 de junio de 2022].

Disponible en: <http://www.ftstjournal.com/uploads/docs/52%20Article%2022.pdf> ISSN: 24085162

3. AHMADI, Mehdi [et al]. Characterization of the biosurfactant produced by *Pseudomonas aeruginosa* strain R₄ and its application for remediation pyrene-contaminated soils 27 January 2021 [Fecha de consulta: 20 de Julio de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s40201-021-00617-w>

4. AGNELLO, A [et al]. Comparative bioremediation of heavy metals and petroleum hydrocarbons co-contaminated soil by natural attenuation, phytoremediation, bioaugmentation and bioaugmentation-assisted phytoremediation [en línea]. 2016, Vol. 563-564, no 693-703.[Consulta: 10 de octubre de 2022]. Disponible en : <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.10.061>

ISSN: 00489697

5. ALIF, Chebbi. [et al]. Polycyclic aromatic hydrocarbon degradation and biosurfactant production by a newly isolated *Pseudomonas* sp. strain from used motoroil-contaminated soil. *International Biodeterioration & Biodegradation* [en línea]. Vol. 122, August 2017. [Fecha de consulta: 20 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0964830517306492>

ISSN 0964-8305

6. ALOWN, Fadaa, ALSHARIDAH, Ahlam Y SHAMSAH, Sara. Genotypic characterization of soil bacteria in the Umm Al-Namil Island, Kuwait [en línea]. 2021. [Fecha de consulta: 20 de octubre de 2022]. Disponible en: DOI: 10.1016/j.sjbs.2021.03.060

PMID: 34220239; PMCID: PMC8241613.

7. Alsayegh, Al -Ghouthi y Zouari. Study of bacterial interactions in reconstituted hydrocarbon-degrading bacterial consortia from a local collection, for the bioremediation of weathered oily-soils [en línea]. Vol.29, March 2021. [Fecha de consulta: 21 de junio de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.btre.2021.e00598>

ISSN: 2215-017X

8. A *Pseudomonas* sp. Strain uniquely degrades PAHs and heterocyclic derivatives via lateral dioxygenation pathways por Liu Yunli [et al]. *Journal of Hazardous Materials* [en línea]. Febrero 2021, n.º 2. [Fecha de consulta: 15 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304389420319464?vi%3Dihub>

ISSN: 0304-3894

9. ALAN, David. CORTEZ Liliana. Procesos y fundamentos de la investigación científica. [en línea]. Primera edición en español, 2018. Fecha de consulta: 20 de junio de 2022].

Disponible en: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/14232/1/Cap.4-Investigaci%C3%B3n%20cuantitativa%20y%20cualitativa.pdf> ISBN: 978-9942-24-093-4

10. ALIF, Chebbi. [et al]. Polycyclic aromatic hydrocarbon degradation and biosurfactant production by a newly isolated *Pseudomonas* sp. strain from used motor oil-contaminated soil. *International Biodeterioration and Biodegradation* [en línea]. Agosto 2017, vol. 122. [Fecha de consulta: 29 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0964830517306492>

ISSN: 0964-8305

11. AMARAL, Francine [et al]. The Emergence of Different Functionally Equivalent PAH Degrading Microbial Communities from a Single Soil in Liquid PAH Enrichment Cultures and Soil Microcosms Receiving PAHs with and without Bioaugmentation [en línea]. Vol. 67, junio 2018 [Fecha de consulta: 22 de julio de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.21307/pjm-2018-046>

eISSN 2544-4646

12. ASSESSMENT of degradation potential of *Pseudomonas* species in bioremediating soils contaminated with petroleum hydrocarbons por Zenab Tariq [et al]. *Chemical Technology and Biotechnology* [en línea]. Junio 2021, [Fecha de consulta: 10 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jctb.6820> ISSN: 1097-4660

13. ANIT, Amit, SINGH, Yashbir. Salud del suelo y su mejora a través de nuevos enfoques agronómicos e innovadores. [en línea]. Volumen 3, 2021. [Fecha de consulta 10 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fagro.2021.680456/full> ISSN=2673-3218

14. BAUTISTA, Carlos. [et al]. Cambios en las propiedades físicas y químicas de un suelo debido a un proceso de restauración aplicado a un derrame de hidrocarburos. *Acta universitaria* [en línea]. 2019, vol. (29): 1-14. [Consulta: 12 de noviembre de 2022]. Disponible en : <https://doi.org/10.15174/au.2019.2154>

ISSN: 20079621

15. BENCHOUK, Amina y ABDELWAHEB, Chibani. Petroleum-hydrocarbons biodegradation by Pseudomonas strains isolated from hydrocarbon- contaminated soil. *Journal of Fundamental and Applied Sciences* [en línea] . Mayo 2017, n.º 9. [Fecha de consulta: 20 de mayo de 2022]. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/318978494_Petroleumhydrocarbons_biodegradation_by_Pseudomonas_strains_isolated_from_hydrocarbon-contaminated_soil

ISSN: 1112-9867

16. BHARATKUMAR, Avani. [et al]. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons: Sources, Toxicity, and Remediation Approaches. REVIEW article *Front. Microbiol* [en línea]. Volumen 11, 2020. [Fecha de consulta: 28 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2020.562813/full> ISSN=1664-302X

17. BIDJA, Marie. [et al]. Biodegradation of total petroleum hydrocarbons (TPH) in highly contaminated soils by natural attenuation and bioaugmentation. *Chemosphere* [en línea]. Vol. 283.131090. Noviembre, 2021. [Fecha de consulta: 20 de mayo de 2022]. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0045653521015629>

ISSN 0045-6535

18. CABEZAS, Edisn, N. RANJO, Diego, SANTAMARIA, Johana. Introducción a la metodología y la investigación científica [en línea]. Octubre de 2018. 138 pp.

ISBN: 978-9942-765-44-4

19. CASTEEL, Alex, BRIDIER. Nancy. Describirsopopulaciones y samplings endoctorial sestudianterbúsqueda. International Journal of Doctoral Studies [en línea]. Volumen 16. 202018. [cha de consulta: 19 de junio de 2022]. Disponible en: <http://ijds.org/Volume16/IJDSv16p339-362Casteel7067.pdf>

20. CAI, Yiyun. [et al]. Bioremediation of Petroleum Hydrocarbons Using Acinetobacter sp. SCYY-5 Isolated from Contaminated Oil Sludge: Strategy and Effectiveness Study por Shanghai University of Engineering Science [en línea]. volumen 18, 19 January 2021. [Fecha de consulta: 15 de abril de 2022]. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1660-4601/18/2/819/htm>

ISSN: 1660-4601

21. CAICEDO, Rosero. [et al]. Soil Moisture Measurement: Review of Methods and Characteristics. Pãdi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI [en línea]. Vol. 9, 2021 [Fecha de consulta: 29 de mayo de 2022]. Disponible en: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/595/5952727005/html/>

ISSN-e: 2007-6363

22. CASTAÑO, Paola, RODRÍGUEZ, Lucely, Evaluación de la bioestimulación en la degradación de hidrocarburos totales de petróleo (htp) de lodos provenientes de una estación de servicio del municipio de Girardot – Tesis (título de Ingeniera Ambiental).

Universidad de Cundinamarca Facultad de ciencias agropecuarias programa de Ingeniería Ambiental Girardot 2018. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12558/1282>

23. CHAIDA, Abdelkrim. [et al] Isolation and characterization of a novel rhamnolipid producer *Pseudomonas* sp. LGMS7 from a highly contaminated site in Ain El Arbaa region of Ain Temouchent, Algeria. 3 Biotec [et al]. Apr, 2021, Vol,11(4). [Fecha de consulta: 29 de abril de 2022]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8007673/>

PMCID: 8007673

24. CHANGDEO, Sangita. Analysis of soil samples for its physicochemical parameters from Sangamner city. GSC Ciencias Biológicas y Farmacéuticas [en línea]. Vol. 12(2). August, 2020. [Fecha de consulta: 29 de mayo de 2022]. Disponible en: <http://gsconlinepress.com/journals/gscbps/sites/default/files/GSCBPS-2020-0243.pdf>

ISSN: 2581-3250

25. CNN. Los peores derrames de petróleo de la historia [en línea]. Cable News Network. 4 de octubre de 2021. [Fecha de consulta: 10 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://cnnespanol.cnn.com/2021/10/04/lpeores-derrames-petroleo-trax/>

26. CRAVEN, Kelly, Rayo, PRASUN. More than Serendipity: The Potential to Manage Soil Carbon and Emissions While Promoting Low-Input Agriculture with Serendipitoid Mycorrhizae de Investigación Research Noble [en línea]. Volumen 3, 2019. [Fecha de consulta: 10 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://apsjournals.apsnet.org/doi/10.1094/PBIOMES-12-18-0058-P> ISSN:2471-2906

27. CHARACTERIZATION of two novel strains of *Pseudomonas aeruginosa* on biodegradation of crude oil and its enzyme activities por Muthukumar Balakrishnan [et al]. Environmental Pollution [en línea]. Vol.304, Mayo2022. [Fecha de consulta: 21 de abril de 2022].

Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749122004377?via%3Dihubbi>
b42

ISSN:0269-7491

28. CHAO, Yang [et al]. A PAH-degrading bacterial community enriched with contaminated agricultural soil and its utility for microbial bioremediation [en línea]. Vol. 251, August 2019 [Fecha de consulta: 22 de julio de 2022]. Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.05.044>

ISSN 0269-7491

29. CONSIDERING the Specific Impact of Harsh Conditions and Oil Weathering on Diversity, Adaptation, and Activity of Hydrocarbon-Degrading Bacteria in Strategies of Bioremediation of Harsh Oily-Polluted Soils por Al disi Zulfa [et al]. BioMed Research International.Vol.2017, enero 2017. [Fecha de consulta: 02 de mayo de 2022].

Disponible en: <https://doi.org/10.1155/2017/8649350> ISSN: 2314-6133

30. CONDE, Debora. LIPORACE, Franco. QUEVEDO, Carla. BIORREMEDIACIÓN DE SUELOS CRÓNICAMENTE CONTAMINADOS CON HIDROCARBUROS POR LA CEPA AUTÓCTONA *Pseudomonas* sp. MT1A3. [en línea]. Volumen 13, 4 de Julio, 2021. Disponible en:

<http://rumbostecnologicos.utnfrainvestigacionyposgrado.com/tipodearticulo/articulos/biorremediacion-de-suelos-cronicamente-contaminados-conhidrocarburos-por-la-cepa-autoctona-pseudomonas-sp-mt1a3/>

ISSN 1852-7701

31. COMPARISON of Petroleum Hydrocarbons Degradation by *Klebsiella pneumoniae* and *Pseudomonas aeruginosa* por Zhaoyang yu [et al]. *Applied Sciences* [en línea]. Diciembre 2018, n.º 12. [Fecha de consulta: 20 de junio de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/app8122551>

ISSN: 2076-3417

32. CURIEL, Sandra [et al]. Evaluation of biostimulation, bioaugmentation, and organic amendments application on the bioremediation of recalcitrant hydrocarbons of soil [en línea]. Vol. 307 November 2022 [Fecha de consulta: 22 de julio de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.135638>

ISSN 0045-6535

33. DEVATHA, VISHAL Y CHANDRA. Investigation of physical and chemical characteristics on soil due to crude oil contamination and its remediation. *Appl Water Sci* [en línea]. 2019, Vol. 9, no 89.[Consulta: 20 de noviembre de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s13201-019-0970-4>

ISSN: 21905495

34. DESHMUKH, Nitin y KATHWATE, Gunderao. Biosurfactant Production by *Pseudomonas aeruginosa* Strain LTR1 and its Application. *Biointerface Research in*

Applied Chemistry [en línea]. Vol.13. n.º 10, 2022. [Fecha de consulta: 25 de abril de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.33263/BRIAC131.010> ISSN: 2069-5837

35. DIAZ. Miguel, ORTEGA, Veronica, MUÑOZ, Francisco. Design of clinical questions in evidence-based practice. Formulation models. Enfermería Global [en línea]. jul. 2016, vol.15 no.43, [Fecha de consulta: 29 de junio de 2022]. Disponible en: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1695-61412016000300016
ISSN 1695-6141

36. DORCAS, Yemisi. [et al]. Biodegradation of crude petroleum by bacterial consortia from oil-contaminated soils in Ota, Ogun State, South-Western. Nigeria. Environmental Technology and Innovation [en línea]. Vol 12. noviembre 2018. [Fecha de consulta: 29 de abril de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.eti.2018.09.006> ISSN: 2352-1864

37. ESTUDIO de la degradación de diésel comercial empleando Pseudomonas spp. aisladas de lodos facultativos provenientes de una planta productora de biogás por Dana Loureiro [et al]. Energeia. Vol.16(16), 2019. [Fecha de consulta: 25 de junio de 2022]. Disponible en:
<https://repositorio.uca.edu.ar/bitstream/123456789/9826/1/estudio-degradacion-diesel-comercial.pdf>

ISSN: 1668-1622

38. EVIDENCING the diversity and needs of adjustment of the nutritional requirements for hydrocarbon-degrading activity of Pseudomonas aeruginosa adapted

to harsh conditions using 2n full factorial design por Zaharaa Attar [et al]. Royal Society of chemistry [en línea]. Setiembre 2017, n.º 7. [Fecha de consulta: 8 de mayo de 2022].

Disponible en: 10.1039/C7RA04704E ISSN: 45920-45931

39. FORJAN, Ruben [et al]. RubenBioaugmentation Treatment of a PAH-Polluted Soil in a Slurry Bioreactor en línea]. Vol. 10, April 2020 [Fecha de consulta: 25 de julio de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/app10082837>

40. FURMANCZYK, Ewa. [et al]. Pseudomonas laurylsulfatovorans sp. nov., sodium dodecyl sulfate degrading bacteria, isolated from the peaty soil of a wastewater treatment plant. Systematic y Microbiología Aplicada [en línea]. Vol. 41, 2018. [Fecha de consulta: 28 de mayo de 2022]. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0723202018301413?via%3Dihub>

ISSN 0723-2020

41. GARCIA, María, INFANTE, Carmen y LÓPEZ, Liliana. Biodegradación de un crudo mediano en suelos de diferente textura con y sin agente estructurante. *Bioagro* [en línea]. 2012, Vol. 24, no 22.[Consulta: 28 de octubre de 2022]. Disponible en : http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612012000200003

ISSN: 1316-3361

42. GUIXIANG, Zhang. [et al]. The effects of different biochars on microbial quantity, microbial community shift, enzyme activity, and biodegradation of polycyclic aromatic hydrocarbons in soil. *Geoderma* [en línea]. Vol. 328, 15 October 2018. [Fecha de consulta: 29 de junio de 2022]. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016706117321547#!> ISSN 0016-7061

43. GUTIERREZ, Eduardo. [et al]. *Pseudomonas fluorescens*: A Bioaugmentation Strategy for Oil-Contaminated and Nutrient-Poor Soil. [en línea]. vol. 23;17(19):6959. Sep 2020. [Fecha de consulta: 29 de abril de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/ijerph17196959>

44. HASSAN, Ikrema. [et al]. Isolation and characterization of novel bacterial strains for integrated solar-bioelectrokinetic of soil contaminated with heavy petroleum hydrocarbons. *Chemosphere* [en línea]. 2019, Vol. 237, no 124514.[Consulta: 20 de octubre de 2022]. Disponible en : <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.124514>
ISSN: 00456535

45. HAKIMA, Althalb e IAN, Singleton. Isolation of Indigenous Hydrocarbon Transforming Bacteria from Oil Contaminated Soils in Libya: Selection for Use as Potential Inocula for Soil Bioremediation por Hakima e lam. *International Journal of Environmental Bioremediation and Biodegradation* [en línea]. Septiembre 2017, n.º 1. vol.5. [Fecha de consulta: 12 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://www.napier.ac.uk/~media/worktribe/output-813314/isolation-of-indigenous-hydrocarbon-transforming-bacteria-from-oil-contaminated-soils-in.pdf>
ISSN: 2333-8628

46. HOULBERG, Andreas [et al]. Soil Physical Constraints on Intrinsic Biodegradation of Petroleum Vapors in a Layered Subsurface. *Vadose zone journal* [en línea]. 2010, Vol. 9, no 137.[Consulta: 28 de octubre de 2022]. Disponible en : <https://doi.org/10.2136/vzj2009.0010>

ISSN: 15391663

47. ISOLATION and characterization of a novel rhamnolipid producer *Pseudomonas* sp. LGMS7 from a highly contaminated site in Ain El Arbaa region of Ain Temouchent, Algeria por Chaida Abdelkarim [et al]. 3 Biotech [en línea]. Marzo 2021, n.º 04. [Fecha de consulta: 23 de junio de 2022]. Disponible en:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8007673/> ISSN: 3392- 7990

48. JADEJA, Niti [et al]. Genome Sequencing and Analysis of Strains *Bacillus* sp. AKBS9 and *Acinetobacter* sp. AKBS16 for Biosurfactant Production and Bioremediation [en línea]. 2018. [Fecha de consulta: 20 de julio de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s12010-018-2828-x>

49. KARLAPUDI Abraham [et al]. Role of biosurfactants in bioremediation of oil pollution-a review *Bioremediation* [en línea]. Vol 4, 2018. [Fecha de consulta: 20 de julio de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.petlm.2018.03.007>

ISSN 2405-6561

50. KAVITHA, Ramadass. [et al]. Bioavailability of weathered hydrocarbons in engine oil-contaminated soil: Impact of bioaugmentation mediated by *Pseudomonas* spp. on bioremediation. *Science of The Total Environment* [en línea]. Vol 636, 15 September 2018. [Fecha de consulta: 20 de junio de 2022].

Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004896971831564X>

51. LEE, Yunho [et al]. Construction and Evaluation of a Korean Native Microbial Consortium for the Bioremediation of Diesel Fuel-Contaminated Soil in Korea [en línea]. Vol. 9, 2018 [Fecha de consulta: 22 de Agosto de 2022]. Disponible en:

<https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.02594>

ISSN=1664-302X

52. LEÓN, Aymara y ZUÑIGA, Mario. La sombra del petróleo: Informe de los derrames petroleros en la Amazonía peruana entre el 2000 y el 2019 [en línea]. Lima: Oxfam América Inc., 2020. [fecha de consulta: 18 de mayo de 2022]. Disponible en:

<https://peru.oxfam.org/latest/policy-paper/la-sombra-del-petroleo>

53 LIAO, Xiaoyong [et al]. Effect of various chemical oxidation reagents on soil indigenous microbial diversity in remediation of soil contaminated by PAHs [en línea]. Vol.226, July 2019 [Fecha de consulta: 22 de agosto de 2022]. Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.03.126>

ISSN 0045-6535,

54. Liza Drwal, Agnieszka Rak, Ewa L. Gregoraszczyk. Differential effects of ambient PAH mixtures on cellular and steroidogenic properties of placental JEG-3 and BeWo cells. Reproductive Toxicology [en línea]. 2019, vol.86. [Fecha de consulta: 10 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.reprotox.2019.03.003>. ISSN: 0890- 6238

55. LORA, Carmen, OTINIANO, Nélida y ROBLES, Heber. Degradación del aceite lubricante por Pseudomonas aeruginosa. Revista de investigación científica REBIOL [en línea]. Noviembre 2021, n.º 2. [Fecha de consulta: 15 de junio de 2022].

Disponible en: <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/faccbbiol/article/view/4054>
ISSN: 2013-3171

56. LUJAN, Daniel. Uso de *Pseudomonas aeruginosa* en biorremediación. Programa de postgrado en Infectología y Medicina Tropical, Facultad de Medicina, Universidad de Federal de Minas Gerais. *BioTecnología* [en línea]. 2019, vol.23, n.º1. [Fecha de consulta: 17 de junio de 2022]. Disponible en:

[https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:1ChCo1Oy1_4J:
https://smbb.mx/wp-content/uploads/2019/08/5.-Lujan_2019.pdf+&cd=4&hl=es-419&ct=clnk&gl=pe](https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:1ChCo1Oy1_4J:https://smbb.mx/wp-content/uploads/2019/08/5.-Lujan_2019.pdf+&cd=4&hl=es-419&ct=clnk&gl=pe)

ISSN:30130-100

57. MEHDI Ahmadi. [et al]. Characterization of the biosurfactant produced by *Pseudomonas aeruginosa* strain R4 and its application for remediation. pyrene-contaminated soils. *Journal of Environmental Health Science and Engineering* [en línea]. v.19(1); 2021. [Fecha de consulta: 15 de junio de 2022]. Disponible en:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8172882/> doi: 10.1007/s40201-021-00617-w. PMID: 34150248; PMCID: PMC8172882.

58. MOLINA, Debora, LIPORACE, Franco y QUEVEDO, Carla. Biorremediación de suelos crónicamente contaminados con hidrocarburos por la cepa autóctona *Pseudomonas* sp. MT1A3. *Rumbos Tecnológicos* [en línea]. Octubre 2021. [Fecha de consulta: 10 de junio de 2022].

Disponible en: <http://rumbostecnologicos.utnfrainvestigacionyposgrado.com/tipo-de-articulo/articulos/biorremediacion-de-suelos-cronicamente-contaminados-con-hidrocarburos-por-la-cepa-autoctona-pseudomonas-sp-mt1a3/>

ISSN: 1852-7701

59. MOHAMED, Elfil, AHMED, Negida. Sampling methods in Clinical Research; an Educational Review. [en línea]. Volumen 5(1). 2017. [Fecha de consulta: 19 de junio de 2022]. Disponible en:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5325924/> PMC5325924

60. MONGABAY. Arellano, Astrid. Huellas del petróleo: los derrames que afectan Latinoamérica. 20 de enero de 2022. Disponible en:

<https://es.mongabay.com/2022/01/huellas-del-petroleo-los-derrames-que-afectan-a-latinoamerica/>

61. MURRAY, Patrick, ROSENTHAL, Ken y PFALLER, Michael. Medical Microbiology. 9.a ed. Barcelona: Elsevier, 2021. 854 pp.

ISBN: 97884911308082

62. MUÑOZ, Jim y PACHECO, Mabel. Colonias bacterianas presentes en el estiércol de gallinas blancas de la cepa leghorn responsables de la biodegradación de petróleo en suelos contaminados. Tesis (Químico Farmacéutico). Lima: Universidad Norbert Wiener, 2017.

Disponible en: <https://repositorio.uwiener.edu.pe/handle/123456789/564>

63. NOZARI, Majid [et al]. Bioremediation of Alkane Hydrocarbons Using Bacterial Consortium From Soil [en línea]. Vol. 7, June 2017 [Fecha de consulta: 22 de julio de 2022]. Disponible en: DOI: 10.5812/jhealthscope.12524

e12524

64. ORGANIZACIÓN de Las Naciones Unidas. Evaluación mundial de la contaminación del suelo- Resumen para los formuladores de políticas [en línea]. Roma: FAO, 2022. [fecha de consulta: 18 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.4060/cb4827es> ISBN: 9789251357941

65. ORGANIZACIÓN de Las Naciones Unidas. Perú debe evaluar y responder a las necesidades de la población afectada por el derrame de crudo. Disponible en: <https://news.un.org/es/story/2022/02/1504052>

66. OBALUM, S.E. [et al]. Soil organic matter as sole indicator of soil degradation. Environmental Monitoring and Assessment [en línea]. Volumen176, 2017. [Fecha de consulta: 28 de mayo de 2022].
Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10661-017-5881-y>

67. OLOSANMI, Ibukun. THRIMG, Ronal. The Role of Biosurfactants in the Continued Drive for Environmental Sustainability en línea [en línea]. Volumen10, 2018. [Fecha de consulta:14 de diciembre de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/su10124817>

68. ORGANIZACIÓN de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.Olivier Asellin. 5 de diciembre de 2017. Disponible en: <https://www.fao.org/fao-stories/article/es/c/1071075/>

69. PRABHAKER, Mishra. [et al]. Descriptive Statistics and Normality Tests for Statistical Data. Ann Card Anaesth [en línea]. Jan-Mar, 2019, Vol. 22(1). [Fecha de consulta: 20 de junio de 2022].
Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/> PMID: 6350423

70. PRAVA Y KUMAR. Screening of Bacteria Isolated from Refinery Sludge of Assam for Hydrocarbonoclastic Activities [en línea]. Vol.14(2), junio 2021. [Fecha de consulta: 21 de junio de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.22207/JPAM.14.2.43> ISSN: 0973-7510 E-ISSN: 2581-690X

71. PSEUDOMONAS aeruginosa L10: A Hydrocarbon-Degrading, Biosurfactant-Producing, and Plant-Growth-Promoting Endophytic Bacterium Isolated From a Reed (*Phragmites australis*) por TAO,Wu [et al]. *Frontiers in Microbiology* [en línea]. Mayo 2018, n.º 9. [Fecha de consulta: 25 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5980988/> ISSN: 2988-7849

72. Pourfadakari S. [et al]. An Efficient Biosurfactant by *Pseudomonas stutzeri* Z12 Isolated from an Extreme Environment for Remediation of Soil Contaminated with Hydrocarbons [en línea]. Vol. 34, 2020 [Fecha de consulta: 22 de julio de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.15255/CABEQ.2019.1718> ISSN: 0352-9568

73. RAMOS, Juan, GOLDBERG, Johanna, FILLoux, Alain. *Pseudomonas* [en línea]. Estados Unidos: Springer Science Business Dordrecht 2015. [fecha de consulta: 18 de junio de 2022]. Disponible en: https://books.google.com.pe/books?id=MfDVBQAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=pseudomonas&hl=es-419&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=pseudomonas&f=false ISBN: 978-95-017-9554-8

74. RAKOSWKA, Joanna. Remediation of diesel-contaminated soil enhanced with firefighting foam application. *Scientific Reports* [en línea]. vol.10. 8824. 1 de junio de 2020. [Fecha de consulta: 25 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-65660-3> ISSN: 2045-2322

75. RICSE, Rudy, SOLIS, Carlos. Biodegradación de petróleo en suelo contaminado utilizando *Pseudomonas fluorescens* en Mazamari 2021. TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE: Ingeniero Ambiental. Universidad Cesar Vallejo 2021. Disponible en:

[https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/78935/Ricse_ C RS-Solis_RCD-SD.pdf?sequence=1](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/78935/Ricse_C_RS-Solis_RCD-SD.pdf?sequence=1)

76. RODRIGUEZ, Gonzalez. [et al]. Biodiversidad bacteriana presente en suelos contaminados con hidrocarburos para realizar biorremediación. Ciencias Ambientales [en línea]. Vol. 56, 2022. [Fecha de consulta: 29 de abril de 2022].

Disponible en: <http://dx.doi.org/10.15359/rca.56/1.9>. ISSN 2215-3896.

77. RUIZ, Oscar, RADWAN, Osman y STRIEBICH, Richard. GC–MS hydrocarbon degradation profile data of *Pseudomonas frederiksbergensis*SI8, a bacterium capable of degrading aromatics at low temperatures. Data in Brief [en línea]. Abril 2021, n.º 04. [Fecha de consulta: 12 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352340921001487?via%3Dihub#bib0001>

ISSN: 2352-3409

78. SAMARGHANDI, M.R [et al]. Bioremediation of actual soil samples with high levels of crude oil using a bacterial consortium isolated from two polluted sites: investigation of the survival of the bacteria [en línea]. Vol. 20, June 2018 [Fecha de consulta: 22 de julio de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.30955/gnj.002681>

79. SEMENOVA, Ekaterina [et al]. Microbial Communities of Seawater and Coastal Soil of Russian Arctic Region and Their Potential for Bioremediation from Hydrocarbon Pollutants [en línea]. Vol. 10, 24 July 2022 [Fecha de consulta: 20 de Julio de 2022].

Disponible en: <https://doi.org/10.3390/microorganisms10081490>

80. SUNITA, Varjani y VIVEK N. Upasani. Soil Microcosm Study for Bioremediation by a Crude Oil Degrading *Pseudomonas aeruginosa* NCIM 5514. Journal of Environmental Engineering [en línea]. Mayo 2020, vol.146. [Fecha de consulta: 25 de abril de 2021].

Disponible en: <https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/%28ASCE%29EE.1943-7870.0001687>

ISSN: 1943-7870

81. STUDIES on reclamation of crude oil polluted soil by biosurfactants producing *Pseudomonas aeruginosa* (DKB1) por Deivakumar [et al]. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology. [en línea]. Vol.29, Octubre 2020. [Fecha de consulta: 21 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2020.101773> ISSN: 1878-8181

82. TAKASHI, Miyawaki [et al]. A Rapid Method, Combining Microwave-Assisted Extraction and Gas Chromatography-Mass Spectrometry with a Database, for Determining Organochlorine Pesticides and Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Soils and Sediments Vol.27, 2018. [Fecha de consulta: 21 de julio de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/15320383.2017.1360245>

83. TANZADEH, Jina [et al]. Biological removal of crude oil with the use of native bacterial consortia isolated from the shorelines of the Caspian Sea [en línea]. Vol.34, 2020 [Fecha de consulta: 29 de agosto de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/13102818.2020.1756408>

84. UGAS, Hoyos. Biosurfactants in the bioremediation of hydrocarbon-contaminated soils. Scielo Preprints.[en línea]. Mayo 2020, n.º 1. [Fecha de consulta: 20 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://preprints.scielo.org/index.php/scielo/preprint/view/642> ISSN: 10159- 0642

85. VASILYEVA, Galina. [et al]. Adsorptive bioremediation of soil highly contaminated with crude oil. Science of The Total Environment [en línea]. Vol. 706, 1 March 2020 [Fecha de consulta: 20 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969719357341?via%3Dihub#bb0160>

ISSN 0048-9697

86. VÁSQUEZ [et al]. Novel exopolysaccharide produced by *Acinetobacter bouvetii* UAM25: production, characterization and pabs bioemulsifying capability. Revista Mexicana De Ingeniería Química [en línea]. Vol.16(3), octubre 2017. [Fecha de consulta: 21 de abril de 2022]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/620/62053304003.pdf>

ISSN: 1665-2738

87. VANZETTO, Guilherme y THOMÉ, Antonio. Toxicity of nZVI in the growth of bacteria present in contaminated soil. Chemosphere [en línea]. 2022, vol.146. [Fecha

de consulta: 12 de mayo de 2022]. Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.135002> ISSN: 0045-6535

88. VERASOUNDARAPANDIAN. Gayathiri [et al]. A Review and Bibliometric Analysis on Applications of Microbial Degradation of Hydrocarbon Contaminants in Arctic Marine Environment at Metagenomic and Enzymatic Levels. *Environmental Research and Public Health* [en línea]. 2021, Vol. 18, no 4.[Consulta: 12 de octubre de 2022]. Disponible en : <https://doi.org/10.3390/ijerph18041671>

ISSN: 16604601

89. VILLASIS, Miguel. [et al]. Research protocol VII. Validity and reliability of the measurements. *Rev Alerg Mex* [en línea]. vol. 65(4) 2018. [Fecha de consulta: 19 de junio de 2022]. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/ram/v65n4/2448-9190-ram-65-04-414.pdf>

90. ZHAO, Liang. [et al]. Soil moisture retrieval from remote sensing measurements: Current knowledge and directions for the future. *Earth- Science Reviews* [en línea]. Volumen 218, 2021. [Fecha de consulta: 30 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0012825221001744> ISSN 0012-8252

91. ZUBIZARRETA, Aroa. [et al]. Literature Review on the Harmful Effects of Occupational Exposure to Hydrocarbons on Workers in External Environments. *Medicina y Seguridad del Trabajo* [en línea]. vol.64 no.252 jul./sep. 2018. [Fecha de consulta: 20 de junio de 2022]. Disponible en: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0465-546X2018000300271

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de operalización variables.

Revisión sistemática de la eficiencia del género Pseudomonas en la biorremediación de suelos por hidrocarburo.

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMESIÓN	INDICADOR	UNIDAD		
Variable independiente	Revisión sistemática en la eficiencia del género Pseudomonas	Pseudomonas es un género de bacilos rectos o ligeramente curvados, Gram negativos, oxidasa positivos, aeróbicos estrictos, aunque en algunos casos pueden utilizar el nitrato como aceptor de electrones o pueden consumir hidrocarburos como fuente de carbono (Murray, Rosenthal y Pfaller, 2021)	La revisión sistemática permitirá conocer a través de los diversos estudios cuales son los tipos de Pseudomona y las condiciones operacionales de crecimiento óptimo en suelos contaminados con hidrocarburos para la biorremediación.	Tipos de Pseudomona	Especie de pseudomona	Nominal	
					Método de biorremediación empleado	Bioaumentacion Bioestimulación	
					Método de Identificación genotípica	Secuenciación del gen 16S rRNA	
					% de remediación	% general de remoción alcanzado	
				Condiciones operacionales de crecimiento	Medio de cultivo	Nominal	
					Temperatura	° C	
					pH	0-14	
					Tiempo	Días	
					Dosis bacteriana del género Pseudomona	UFC/mg UFC/ml	
					Actividad Reductora	Enzimática	
Variable dependiente	Biorremediación de suelos por hidrocarburos	La biorremediación se puede dar por la bioestimulación, siendo una técnica donde se adicionan macro y micronutrientes estimulando el crecimiento microbiano para aumentar la población de microorganismos en el suelo ayudándose de las condiciones ambientales. (Castro, 2020)	La biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos se determinó mediante los parámetros fisicoquímicos del suelo contaminado y los porcentajes de remoción de las distintas fuentes revisadas.	Parámetros fisicoquímicos del suelo contaminado (antes y después)	pH	0-14	
					Temperatura	° C	
					Conductividad eléctrica	(dS/m)	
					Humedad	%	
					Materia orgánica	%	
					Tipo de suelo	Nominal	
					Porcentaje de remoción.	Identificación y de cuantificación hidrocarburos	Espectrofotometría de masas Análisis infrarrojo Método gravimétrico
						Hidrocarburos totales del petróleo (HTP)	%
				Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP)		%	
				Tiempo de degradación		Días	
				Concentración		mg/Kg	
						mg/g	
					mg/L		
					mg/ml		

Anexo 2. Matriz de consistencia Revisión sistemática de la eficiencia del género *Pseudomonas* en la biorremediación de suelos por hidrocarburos.

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	OPERALIZACION DE VARIABLES			METODOLOGIA
			Variables	Dimensiones	Indicadores	
¿Cuál es la eficiencia del grupo bacteriano <i>Pseudomonas</i> en la biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos mediante una revisión sistemática?	Determinar la eficiencia del grupo bacteriano <i>Pseudomonas</i> en la biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos mediante una revisión sistemática.	La eficiencia del grupo bacteriano <i>Pseudomonas</i> influye positivamente en la biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos mediante una revisión sistemática.	Independiente La eficiencia del género <i>Pseudomonas</i>	Tipos de <i>Pseudomonas</i>	Especie de <i>pseudomona</i> Método de biorremediación empleado Método de Identificación genotípica % de remediación.	Diseño No experimental Tipo Aplicada Enfoque Cuantitativo Nivel Descriptivo
				Condiciones operacionales de crecimiento.	Medio de cultivo Temperatura pH Tiempo Dosis bacteriana del género <i>Pseudomona</i> Actividad Reductora	
			Dependiente Biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos	Parámetros fisicoquímicos del suelo contaminado (antes y después)	pH Temperatura Conductividad eléctrica Humedad Materia orgánica Tipo de suelo	
				Porcentajes de remoción	Identificación y cuantificación de hidrocarburos Hidrocarburos totales del petróleo (HTP) Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) Tiempo de degradación Concentración	
PROBLEMA ESPECIFICOS	OBJETICOS ESPECIFICOS	HIPOTESOS ESPECIFICOS				
¿Cuáles son los tipos de <i>Pseudomonas</i> que participan en la biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos mediante una revisión sistemática?	Identificar los tipos de <i>Pseudomonas</i> que participan en la biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos mediante una revisión sistemática.	Conocer los tipos de <i>Pseudomonas</i> que degradan hidrocarburos influye positivamente en la biorremediación de suelos contaminados mediante una revisión sistemática.				
¿Cuáles son las condiciones operacionales de crecimiento adecuado del grupo bacteriano <i>Pseudomonas</i> en la biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos mediante una revisión sistemática?	Identificar las condiciones operacionales de crecimiento del grupo bacteriano <i>Pseudomonas</i> en la biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos mediante una revisión sistemática.	Conocer las condiciones operacionales de crecimiento del grupo bacteriano <i>Pseudomonas</i> influye eficazmente en la biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos mediante una revisión sistemática.				
¿Cuáles son los principales parámetros fisicoquímicos del suelo participantes en la biorremediación de suelos oontaminados con hidrocarburos por el grupo bacteriano <i>Pseudomona</i> mediante una revisión sistemática?	Determinar los principales parámetros fisicoquímicos del suelo contaminado antes y después participantes en la biorremediación de hidrocarburos por el grupo bacteriano <i>Pseudomona</i> mediante una revisión sistemática.	Los principales parámetros fisicoquímicos del suelo se modifican favorablemente en la biorremediación de contaminados con hidrocarburos mediante una revisión sistemática.				
¿Cuál es el porcentaje de remoción de suelos contaminados con hidrocarburos por medio del grupo bacteriano <i>Pseudomona</i> mediante una revisión sistemática?	Determinar el porcentaje de remoción de suelos contaminados con hidrocarburos por medio del grupo bacteriano <i>Pseudomona</i> mediante una revisión sistemática.	El porcentaje de remoción de hidrocarburos del suelo variara considerablemente por medio del grupo bacteriano <i>Pseudomona</i> mediante una revisión sistemática.				

Ficha 1. Tipos de Pseudomona para la remoción de hidrocarburos

Título:	Revisión sistemática de la eficiencia del grupo bacteriano Pseudomonas en la biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos.
Línea de investigación:	Calidad y gestión de los recursos naturales
Responsables:	De la Cruz Quispe, Marcia Melany (orcid, org/ 0000-0003-2049-4418) Requejo Merino Erik Jesús (orcid, org/ 0000-0002-4065-619X)
Asesor:	Dr. Ordoñez Gálvez Juan Julio (ORCID: 0000-0002-3419-7361)

N.º	Fuente	Título	Base de datos	Revista	Tipo de bacteria	Métodos de biorremediación empleado	Método de identificación genotípica	Resultados	Autores del estudio

Atentamente,

 Juan Julio Ordoñez Gálvez
 DNI: 08447308

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. Mendoza Magallón Gianmarco Jorge.
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente / DCV Campus los Olivos.
 1.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y gestión de los recursos naturales.
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Tipos de Pseudomona para la remoción de hidrocarburos.
 1.5. Autor(A) de Instrumento: De la Cruz Quijpe, Marcia Melany/ Requijo Merino, Erik Jesús.

I. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

II. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

SI

III. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90%

Lima, 03 de noviembre del 2022



MENDOZA MAGALLÓN GIANMARCO JORGE
 INVESTIGADOR ASISTENTE
 REG. CIP Nº 202148

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. Eusebio Horacio Acosta Sosañabar.
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente / UCV Campus los Olivos.
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y gestión de los recursos naturales.
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Tipos de Preguntas para la remoción de hidrocarburos.
- 1.5. Autor(A) de instrumento: De la Cruz Quirope, Marcia Melany/ Roaquiño Marino, Erik Jesús.

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85%

Lima, 03 de noviembre del 2022
Escuela de Ingeniería del 2022



Dr. Eusebio Horacio Acosta Sosañabar
 C.I.P. N° 25169

I DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. Ordoñez Gálvez Juan Julio.
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente / UCV Campus los Olivos.
 1.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y gestión de los recursos naturales.
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Tipos de Pseudomona para la remoción de hidrocarburos.
 1.5. Autor(A) de Instrumento: De la Cruz Quispe, Marcia Melany/ Requejo Merino, Erik Jesús.


I 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.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

II. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

III. PROMEDIO DE VALORACIÓN

SI	 Atentamente, Juan Julio Ordoñez Gálvez DNI: 08447300

90%

Lima, 03 de noviembre de 2022

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. Alva Ortiz Oscar.
 1.2. Cargo e institución donde labora: Ingeniero Industrial.
 1.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y gestión de los recursos naturales.
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Tipos de Procedimiento para la remoción de hidrocarburos.
 1.5. Autor(A) de Instrumento: De la Cruz Quispe, Marcia Melany/ Requijo Merino, Erik Jesús.

I. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

II. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

X

III. PROMEDIO DE VALORACIÓN

83%

Lima, 27 de noviembre del 2022



CÉSAR VALLEJO ALVA ORTIZ
 Ingeniero Industrial
 CP N° 20220

Ficha 2. Condiciones operacionales de crecimiento bacteriano

Título:		Revisión sistemática de la eficiencia del grupo bacteriano Pseudomonas en la biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos.							
Línea de investigación:		Calidad y gestión de los recursos naturales							
Responsables:		De la Cruz Quispe, Marcia Melany (orcid, org/ 0000-0003-2049-4418) Requejo Merino Erik Jesús (orcid, org/ 0000-0002-4065-619X)							
Asesor:		Dr. Ordoñez Gálvez Juan Julio (ORCID: 0000-0002-3419-7361)							
N.º	Tipo de bacteria	Medio de cultivo	Temperatura (°C)	pH	Tiempo (días)	Dosis bacteriana (UFC/g) (UFC/ml)		Actividad reductora	Autores del estudio
						Inicial	Final		

Atentamente,

Juan Julio Ordoñez Gálvez

DNI: 08447308

Ficha 2. Condiciones operacionales de crecimiento bacteriano

Ficha 2. Condiciones operacionales de crecimiento bacteriano									
Titulo:		Revisión sistemática de la eficiencia del grupo bacteriano Pseudomonas en la biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos.							
Línea de investigación:		Calidad y gestión de los recursos naturales							
Responsables:		De la Cruz Quispe, Marcia Melany (orcid, org/ 0000-0003-2049-4418) Requejo Merino Erik Jesús (orcid, org/ 0000-0002-4065-619X)							
Asesor:		Dr. Ordoñez Gálvez Juan Julio (ORCID: 0000-0002-3419-7361)							
N.º	Tipo de bacteria	Medio de cultivo	Temperatura (°C)	pH	Tiempo (días)	Dosis bacteriana (UFC/g) (UFC/ml)		Actividad reductora	Autores del estudio
						Inicial	Final		


 OSCAR EDUARDO ALBA ORTIZ
 Ingeniero Industrial
 CIP N° 290530

Ficha 2. Condiciones operacionales de crecimiento bacteriano

Ficha 2. Condiciones operacionales de crecimiento bacteriano									
Titulo:		Revisión sistemática de la eficiencia del grupo bacteriano Pseudomonas en la biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos.							
Línea de investigación:		Calidad y gestión de los recursos naturales							
Responsables:		De la Cruz Quispe, Marcia Melany (orcid, org/ 0000-0003-2049-4418) Requejo Merino Erik Jesús (orcid, org/ 0000-0002-4065-619X)							
Asesor:		Dr. Ordoñez Gálvez Juan Julio (ORCID: 0000-0002-3419-7361)							
N.º	Tipo de bacteria	Medio de cultivo	Temperatura (°C)	pH	Tiempo (días)	Dosis bacteriana (UFC/g) (UFC/ml)		Actividad reductora	Autores del estudio
						Inicial	Final		



GIANMARCO JORGE
MENDOZA MOGOLLÓN
INGENIERO AMBIENTAL
Reg. CIP N° 200348

Ing. Gianmarco Jorge, Mendoza Mogollón
DNI: 72946347
CIP: 200348

I DATOS GENERALES

- 1.6. Apellidos y Nombres: Dr. Ordoñez Gálvez Juan Julio.
 1.1. Cargo e institución donde labora: Docente / UCV Campus los Olivos.
 1.2. Especialidad o línea de investigación: Calidad y gestión de los recursos naturales.
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Condiciones operacionales de crecimiento.
 1.4. Autor(A) de Instrumento: De la Cruz Quispe, Marcia Melany/ Requejo Merino Erik Jesús

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.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

SI

90%

Atentamente,

 Juan Julio Ordoñez Gálvez
 DNI: 00447308

Lima, 03 de noviembre de 2022

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. Allan Oña Oscar
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente / UCV Campus los Olivos.
 1.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y gestión de los recursos naturales.
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Condiciones operacionales de crecimiento.
 1.5. Autor(A) de Instrumento: De la Cruz Quijpe, Marcia Melany/ Requijo Merino Erik Jesús

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

83%

Lima, 27 de noviembre del 2022



Oscar Allan Oña
 Ingeniero Industrial
 CIP N° 20220

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. Eusebio Horacio Acosta Sotomayor.
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente / UCV Campus Los Olivos.
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y gestión de los recursos naturales.
- 1.4. Nombre del instrumento o título de evaluación: Condiciones operacionales de crecimiento.
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: De la Cruz Quijpe, Marcia Melany/ Rojaño Merino Erik Jesús

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85%

Lima, 03 de noviembre del 2022

Lima, 30 de noviembre del 2020



Dr. Eusebio Horacio Acosta Sotomayor
CIP N° 25428

**I. DATOS GENERALES**

I.6. Apellidos y Nombres: Dr. Mendoza Magollón Gianmarco Jorge.

I.1. Cargo e institución donde labora: Docente / UCV Campus los Olivos.

I.2. Especialidad o línea de investigación: Calidad y gestión de los recursos naturales.

I.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Condiciones operacionales de crecimiento.

I.4. Autor(A) de Instrumento: De la Cruz Quispe, Marcia Melany/ Roquejo Merino Erik Jesús

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.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

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%


 GIANMARCOS MENDOZA MAGOLLÓN
 MÓDULO ACADÉMICO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA
 REG. COG. Nº 205143

Lima, 03 de noviembre del 2022

Ficha 3. Parametros fisicoquimicos del suelo contamiando.

Ficha 3. Parámetros fisicoquímicos del suelo contaminado												
Título:		Revisión sistemática de la eficiencia del grupo bacteriano Pseudomonas en la biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos.										
Línea de investigación:		Calidad y gestión de los recursos naturales										
Responsables:		De la Cruz Quispe, Marcia Melany (orcid, org/ 0000-0003-2049-4418) Requejo Merino Erik Jesús (orcid, org/ 0000-0002-4065-619X)										
Asesor:		Dr. Ordoñez Gálvez Juan Julio (ORCID: 0000-0002-3419-7361)										
N.º	Lugar de obtención de la muestra	pH		Temperatura (°C)		Conductividad eléctrica (µS/cm), (dS/m)		Humedad (%)		Materia orgánica (%)		Tipo de suelo
		Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	


 GIANMARCO JORGE
 MENDOZA MOGOLLON
 INGENIERO AMBIENTAL
 Reg. CIP N° 200348
 Ing. Gianmarco Jorge, Mendoza Mogollón
 DNI: 72946347
 CIP: 200348

Ficha 3. Parámetros fisicoquímicos del suelo contaminado

Título:		Revisión sistemática de la eficiencia del grupo bacteriano Pseudomonas en la biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos.										
Línea de investigación:		Calidad y gestión de los recursos naturales										
Responsables:		De la Cruz Quispe, Marcia Melany (orcid, org/ 0000-0003-2049-4418) Requejo Merino Erik Jesús (orcid, org/ 0000-0002-4065-619X)										
Asesor:		Dr. Ordoñez Gálvez Juan Julio (ORCID: 0000-0002-3419-7361)										
N.º	Lugar de obtención de la muestra	pH		Temperatura (°C)		Conductividad eléctrica (µS/cm). (dS/m)		Humedad (%)		Materia orgánica (%)		Tipo de suelo
		Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	



Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar
CIP N° 25450

Ficha 3. Parámetros fisicoquímicos del suelo contaminado

Título:		Revisión sistemática de la eficiencia del grupo bacteriano Pseudomonas en la biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos.										
Línea de investigación:		Calidad y gestión de los recursos naturales										
Responsables:		De la Cruz Quispe, Marcia Melany (orcid, org/ 0000-0003-2049-4418) Requejo Merino Erik Jesús (orcid, org/ 0000-0002-4065-619X)										
Asesor:		Dr. Ordoñez Gálvez Juan Julio (ORCID: 0000-0002-3419-7361)										
N.º	Lugar de obtención de la muestra	pH		Temperatura (°C)		Conductividad eléctrica (µS/cm), (dS/m)		Humedad (%)		Materia orgánica (%)		Tipo de suelo
		Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	

Atentamente,

Juan Julio Ordoñez Gálvez

DNI: 08447308

Ficha 3. Parámetros fisicoquímicos del suelo contaminado

Título:		Revisión sistemática de la eficiencia del grupo bacteriano Pseudomonas en la biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos.										
Línea de investigación:		Calidad y gestión de los recursos naturales										
Responsables:		De la Cruz Quispe, Marcia Melany (orcid, org/ 0000-0003-2049-4418) Requejo Merino Erik Jesús (orcid, org/ 0000-0002-4065-619X)										
Asesor:		Dr. Ordoñez Gálvez Juan Julio (ORCID: 0000-0002-3419-7361)										
N.º	Lugar de obtención de la muestra	pH		Temperatura (°C)		Conductividad eléctrica (µS/cm), (dS/m)		Humedad (%)		Materia orgánica (%)		Tipo de suelo
		Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	



Oscar Eduardo Alba Ortiz
Ingeniero Industrial
CIP N° 290330

I. DATOS GENERALES

- 1.7. Apellidos y Nombres: Dr. Mendoza Mogollón Gianmarco Jorge.
 1.1. Cargo e institución donde labora: Docente / UCV Campus los Olivos.
 1.2. Especialidad o línea de investigación: Calidad y gestión de los recursos naturales.
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Parámetros físicoquímicos del suelo contaminado.
 1.4. Autor(A) de Instrumento: De la Cruz Quijpe, Marcia Melany/ Requijo Merino Erik Jesús

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.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar la hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

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, 03 de noviembre del 2022


 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
 Y DESARROLLO TECNOLÓGICO
 Reg. Cot. Nº 202044

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS****I. DATOS GENERALES**

- I.1. Apellidos y Nombres: Dr. Eusebio Horacio Acosta Susacaban.
 I.2. Cargo e institución donde labora: Docente / UCV Campus Los Olivos.
 I.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y gestión de los recursos naturales.
 I.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Parámetros físico-químicos del suelo contaminado.
 I.5. Autor(A) de Instrumentos: De la Cruz Quijpe, Marcia Melany/ Requijo Merino Erik Jesús

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

85%

Lima, 03 de noviembre del 2022

Lima, 30 de noviembre del 2020

Dr. Eusebio Horacio Acosta Susacaban
 C.I.P. N° 27428

I. DATOS GENERALES

- 1.7. Apellidos y Nombres: Dr. Ordoñez Gálvez Juan Julio.
 1.1. Cargo e institución donde labora: Docente / UCV Campus los Olivos.
 1.2. Especialidad o línea de investigación: Calidad y gestión de los recursos naturales.
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Parámetros fisicoquímicos del suelo contaminado.
 1.4. Autor(A) de Instrumento: De la Cruz Quispe, Marcia Melany/ Requejo Merino Erik Jesús

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.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

SI

90%

Atentamente,

 Juan Julio Ordoñez Gálvez
 DNI: 08447308

Lima, 03 de noviembre de 2022

I. DATOS GENERALES

- I.1. Apellidos y Nombres: Dr. Aldo Ortiz Oscar.
 I.2. Cargo e institución donde labora: Docente / UCV Campus los Olivos.
 I.3. Especialidad o línea de investigación: Cribal y gestión de los recursos naturales.
 I.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Parámetros físico-químicos del suelo contaminado.
 I.5. Autor(A) de Instrumento: De la Cruz Quijpe, Marcia Melany/ Requijo Merino Erik Jesús

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

85%

Lima, 27 de noviembre del 2021



ALDO ORTIZ OSCAR
 Docente Investigador
 UCV - Los Olivos

Ficha 4. Pocerajes de remocion de hidrocarburos

Ficha 4. Porcentaje de remoción de hidrocarburos								
Titulo:		Revisión sistemática de la eficiencia del grupo bacteriano Pseudomonas en la biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos.						
Línea de investigación:		Calidad y gestión de los recursos naturales						
Responsables:		De la Cruz Quispe, Marcia Melany (orcid, org/ 0000-0003-2049-4418) Requejo Merino Erik Jesús (orcid, org/ 0000-0002-4065-619X)						
Asesor:		Dr. Ordoñez Gálvez Juan Julio (ORCID: 0000-0002-3419-7361)						
N.º	Porcentaje de remoción	Método de Identificación y cuantificación de hidrocarburos	Hidrocarburos totales de petróleo (HTP)		Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP)		Tiempo de degradación (días)	Autores
			Concentración inicial (mg/Kg), (mg/g) (mg/L), (mg/ml)	Concentración final (mg/Kg), (mg/g) (mg/L), (mg/ml)	Concentración inicial (mg/Kg), (mg/g) (mg/L), (mg/ml)	Concentración final (mg/Kg), (mg/g) (mg/L), (mg/ml)		

Atentamente,


 Juan Julio Ordoñez Gálvez
 DNI: 08447308

Ficha 4. Porcentaje de remoción de hidrocarburos

Ficha 4. Porcentaje de remoción de hidrocarburos								
Titulo:		Revisión sistemática de la eficiencia del grupo bacteriano Pseudomonas en la biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos.						
Línea de investigación:		Calidad y gestión de los recursos naturales						
Responsables:		De la Cruz Quispe, Marcia Melany (orcid.org/0000-0003-2049-4418) Requejo Merino Erik Jesús (orcid.org/0000-0002-4065-819X)						
Asesor:		Dr. Ordoñez Gálvez Juan Julio (ORCID: 0000-0002-3419-7381)						
N.º	Porcentaje de remoción	Método de identificación y cuantificación de hidrocarburos	Hidrocarburos totales de petróleo (HTP)		Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP)		Tiempo de degradación (días)	Autores
			Concentración inicial (mg/Kg), (mg/g) (mg/L), (mg/ml)	Concentración final (mg/Kg), (mg/g) (mg/L), (mg/ml)	Concentración inicial (mg/Kg), (mg/g) (mg/L), (mg/ml)	Concentración final (mg/Kg), (mg/g) (mg/L), (mg/ml)		



Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar
CIP N° 25450


Ficha 4. Porcentaje de remoción de hidrocarburos

Título:		Revisión sistemática de la eficiencia del grupo bacteriano Pseudomonas en la biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos.						
Línea de investigación:		Calidad y gestión de los recursos naturales						
Responsables:		De la Cruz Quispe, Marcia Melany (orcid, org/ 0000-0003-2049-4418) Requejo Merino Erik Jesús (orcid, org/ 0000-0002-4065-619X)						
Asesor:		Dr. Ordoñez Gálvez Juan Julio (ORCID: 0000-0002-3419-7361)						
N.º	Porcentaje de remoción	Método de identificación y cuantificación de hidrocarburos	Hidrocarburos totales de petróleo (HTP)		Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP)		Tiempo de degradación (días)	Autores
			Concentración inicial (mg/Kg), (mg/a) (mg/L), (mg/ml)	Concentración final (mg/Kg), (mg/a) (mg/L), (mg/ml)	Concentración inicial (mg/Kg), (mg/a) (mg/L), (mg/ml)	Concentración final (mg/Kg), (mg/a) (mg/L), (mg/ml)		


 OSCAR EDUARDO ALBA ORTIZ
 Ingeniero Industrial
 CIP Nº 290330

Ficha 4. Porcentaje de remoción de hidrocarburos

Título:		Revisión sistemática de la eficiencia del grupo bacteriano Pseudomonas en la biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos.						
Línea de investigación:		Calidad y gestión de los recursos naturales						
Responsables:		De la Cruz Quispe, Marcia Melany (orcid, org/ 0000-0003-2049-4418) Requejo Merino Erik Jesús (orcid, org/ 0000-0002-4065-619X)						
Asesor:		Dr. Ordoñez Gálvez Juan Julio (ORCID: 0000-0002-3419-7361)						
N.º	Porcentaje de remoción	Método de identificación y cuantificación de hidrocarburos	Hidrocarburos totales de petróleo (HTP)		Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP)		Tiempo de degradación (días)	Autores
			Concentración inicial (mg/Kg), (mg/g) (mg/L), (mg/ml)	Concentración final (mg/Kg), (mg/g) (mg/L), (mg/ml)	Concentración inicial (mg/Kg), (mg/g) (mg/L), (mg/ml)	Concentración final (mg/Kg), (mg/g) (mg/L), (mg/ml)		



GIANMARCO JORGE
MENDOZA MOGOLLÓN
INGENIERO AMBIENTAL
Reg. CIP N° 200348

Ing. Gianmarco Jorge, Mendoza Mogollón

DNI: 72946347

CIP: 200348

I. DATOS GENERALES

1.8. Apellidos y Nombres: Dr. Ordoñez Gálvez Juan Julio.

1.1. Cargo e institución donde labora: Docente / UCV Campus los Olivos.

1.2. Especialidad o línea de investigación: Calidad y gestión de los recursos naturales.

1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Porcentaje de remoción de hidrocarburos.

1.4. Autor(A) de Instrumento: De la Cruz Quispe, Marcia Melany/ Requejo Merino Erik Jesús

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.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

SI

90%

Atentamente,



Juan Julio Ordoñez Gálvez
DNI: 08447308

Lima, 03 de noviembre de 2022

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

I. DATOS GENERALES

- 4.1. Apellidos y Nombres: Dr. Eusebio Horacio Acosta Saenzabur.
- 4.2. Cargo e institución donde labora: Docente / UCV Campus Los Olivos.
- 4.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y gestión de los recursos naturales.
- 4.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Porcentaje de remoción de hidrocarburos.
- 4.5. Autor(A) de Instrumento: De la Cruz Quijpe, Marcia Melany/ Roquijo Merino Erik Jesús

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85%

Lima, 03 de noviembre del 2022

Lima, 30 de noviembre del 2020



Dr. Eusebio Horacio Acosta Saenzabur
CIP N° 25459

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. Allan Cruz Oscar.
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente / LCV Campus Los Olivos.
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y gestión de los recursos naturales.
- 1.4. Nombre del instrumento pasivo de evaluación: Porcentaje de remoción de hidrocarburos.
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: De la Cruz Quispe, Marcia Melany/ Raquejo Merino Erik Jesús

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

88%

Lima, 27 de noviembre del 2022



CÉSAR EDUARDO ALBALADEJO
 Ingeniero Industrial
 CP N° 20020

I. DATOS GENERALES

I.8. Apellidos y Nombres: Dr. Mendoza Magellón Gianmarco Jorge.

I.1. Cargo e institución donde labora: Docente / UCV Campus los Olivos.

I.2. Especialidad o línea de investigación: Calidad y gestión de los recursos naturales.

I.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Porcentaje de emisión de hidrocarburos.

I.4. Autor(A) de Instrumento: De la Cruz Quispe, Marcia Melany/ Requejo Merino Erik Jesús

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

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%



GIANMARCO MENDOZA MAGELLÓN
 PROFESOR TITULAR
 PROGRAMA AMBIENTAL
 REG. CIP N° 20254

Lima, 03 de noviembre del 2022



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, JUAN JULIO ORDOÑEZ GALVEZ, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis titulada: "Revisión sistemática de la eficiencia del grupo bacteriano Pseudomonas en la biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos", cuyos autores son REQUEJO MERINO ERIK JESUS, DE LA CRUZ QUISPE MARCIA MELANY, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 12.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

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

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

LIMA, 16 de Noviembre del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
JUAN JULIO ORDOÑEZ GALVEZ DNI: 08447308 ORCID: 0000-0002-3419-7361	Firmado electrónicamente por: JORDONEZ02 el 28- 11-2022 18:09:52

Código documento Trilce: TRI - 0443040