



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

**Revisión sistemática de la aplicación de microorganismos aerobios  
para la biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos  
de petróleo y sus derivados**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AMBIENTAL**

**AUTORES:**

Vargas Valverde Pablo Heber (ORCID: 0000-0002-7751-3387)

**ASESOR:**

Dr. Benites Alfaro Elmer Gonzales (ORCID: 0000-0003-1504-2089)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA – PERÚ

2020

## **Dedicatoria**

La presente investigación va dedicada a mi familia, en especial a mi mamá y mis hermanas por todo ese apoyo, fortaleza y amor incondicional para crecer día a día tanto personal como profesionalmente.

## **Agradecimiento**

Ante todo, quiero agradecer a Dios, por ser mi guía y por permitirme iniciar y culminar una meta más en mi vida. De igual manera, brindarle las gracias a los distintos docentes que me brindaron sus conocimientos y experiencia profesional en las distintas asignaturas que he cursado en los 10 ciclos que dura la carrera y también agradecer el apoyo de los compañeros y amigos que compartieron dichos cursos conmigo.

## Índice de contenidos

Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de tablas .....	2
Índice de gráficos .....	3
Índice de figuras .....	4
Resumen .....	5
Abstract .....	6
I. INTRODUCCIÓN .....	7
II. MARCO TEÓRICO .....	10
III. METODOLOGÍA .....	22
3.1 Tipo y diseño de investigación .....	22
3.2 Variables y operacionalización .....	22
3.3 Población, muestra y muestreo .....	23
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	23
3.5 Procedimientos .....	24
3.6 Método de análisis de datos .....	27
3.7 Aspectos éticos .....	29
IV. RESULTADOS .....	30
V. DISCUSIÓN .....	61
VI. CONCLUSIONES .....	65
VII. RECOMENDACIONES .....	67
REFERENCIAS .....	68
ANEXOS .....	74

## Índice de tablas

Tabla 1. Validación de expertos .....	24
Tabla 2. Ficha general de recolección de datos .....	30
Tabla 3. Escala Newcastle - Ottawa modificada .....	38
Tabla 4. Ficha de parámetros en aplicación de microorganismos.....	40
Tabla 5. Ficha de parámetros en remoción de hidrocarburos .....	42
Tabla 6. Análisis Descriptivo .....	44
Tabla 7. Prueba de Normalidad.....	47

## Índice de gráficos

Gráfico 1. Normalidad para el pH .....	49
Gráfico 2. Normalidad para la Temperatura .....	50
Gráfico 3. Normalidad para la Humedad .....	51
Gráfico 4. Normalidad para el tiempo.....	51
Gráfico 5. Normalidad para la concentración microbiana.....	52
Gráfico 6. Normalidad para la remoción de hidrocarburos .....	53
Gráfico 7. Normalidad para el Fósforo .....	53
Gráfico 8. Normalidad para la Materia Orgánica .....	54
Gráfico 9. Normalidad para el Potasio.....	55
Gráfico 10. Normalidad para los Cloruros .....	55
Gráfico 11. Remoción de Hidrocarburos .....	56
Gráfico 12. Tiempo experimental .....	57
Gráfico 13. Funnel Plot.....	58
Gráfico 14. Forest Plot .....	59

## Índice de figuras

Figura 1. Bacterias con forma de bastón <i>Haemophilus influenzae</i> .....	20
Figura 2. Hongo <i>Mucor</i> .....	20
Figura 3. Procesos relacionados con la transferencia, transporte y transformaciones del hexaclorociclohexano en el medio ambiente .....	21
Figura 4. Procedimientos .....	24
Figura 5. Proceso de selección de estudios Etapa 1.....	25
Figura 6. Procesamiento de información.....	26

## **Resumen**

La presente investigación tuvo como finalidad sistematizar y evaluar la eficacia de la aplicación de microorganismos aerobios para la biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos de petróleo y sus derivados a través de la revisión sistemática. Se recogió información de estudios ya publicados sin producir resultados de un uso práctico automático. De tal manera, la revisión sistemática se realizó en 7 etapas, siendo la primera etapa la de recopilación de información tomados de bases electrónicas académicas muy reconocidas, para luego según los criterios de inclusión de la escala Newcastle – Ottawa modificada seleccionar a los 22 estudios usados en la presente investigación. En la etapa 4 se procesó la información recopilada y sistematizada en los 4 instrumentos empleados. Luego en la etapa 5 se analizó la información a través de gráficos obtenidos por los programas estadísticos IBM SPSS Statistics, Microsoft Excel 2016 y Review Manager 5.4 respectivamente. Finalmente, en las etapas 6 y 7 se describen los resultados en base a los gráficos por los programas estadísticos y así concluir que la eficacia obtenida de la aplicación de microorganismos aerobios para la biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos, destacaron de 14 estudios de los 22 existentes debido a que pasaron el 70% de remoción de hidrocarburos HTP, HCH y HAP.

*Palabras claves: Revisión sistemática, microorganismos aerobios, biorremediación, hidrocarburos, sistematizar*

## **Abstract**

The present investigation had the purpose of systematizing and evaluating the effectiveness of the application of aerobic microorganisms for the bioremediation of soils contaminated by petroleum hydrocarbons and their derivatives through the systematic review. Information was collected from studies already published without producing results of an automatic practical use. In this way, the systematic review was carried out in 7 stages, being the first stage the compilation of information taken from very recognized academic electronic bases, for then according to the inclusion criteria of the Newcastle - Ottawa modified scale to select to the 22 studies used in the present investigation. In stage 4 the information collected and systematized in the 4 instruments used was processed. Then in stage 5 the information was analyzed through graphs obtained by the statistical programs IBM SPSS Statistics, Microsoft Excel 2016 and Review Manager 5.4 respectively. Finally, in stages 6 and 7 the results are described based on the graphs by the statistical programs and thus conclude that the effectiveness obtained from the application of aerobic microorganisms for the bioremediation of hydrocarbon-contaminated soils, stood out from 14 studies of the 22 existing ones because they passed 70% of hydrocarbon removal HTP, HCH and HAP.

*Keywords: Systematic review, aerobic microorganisms, bioremediation, hydrocarbons, systematize*

## I. INTRODUCCIÓN

El suelo, es un subcomponente del medio ambiente que cumple funciones importantes como: productor de biomasa, soporte de las actividades humanas, fuente de materias primas, sumidero de carbono, almacén del patrimonio geológico y arqueológico, reserva de agua, reserva de biodiversidad, etc. De este modo, este recurso natural junto con elementos como el agua y el aire hace posible el desarrollo de vida y procesos que ejercen un equilibrio en el ecosistema. Sin embargo, está bajo constantes procesos de degradación y destrucción por causas naturales o antropogénicas, sobre todo por este último que en las últimas décadas alteró la calidad de los mismos a través de sus distintas actividades, destacando entre ellas la contaminación por hidrocarburos.

Los hidrocarburos son los principales combustibles fósiles considerados de primera importancia para la economía mundial, siendo los más valorados económicamente el petróleo y sus derivados, asimismo, son los que más alteran la calidad de los suelos, a causa de su uso, producción o su transporte a través de actividades como: explotación y extracción de salinidad, curtidurías, depósito final de lodos residuales, manufactura de pesticidas, tintorerías, industria de la madera, entre otros (Riesco y Vallès, 2012).

Para tal efecto, la presente investigación utilizó la revisión sistemática para integrar de forma objetiva los resultados de los distintos estudios realizados sobre la aplicación de los distintos microorganismos aerobios existentes para la remoción de suelos contaminados por hidrocarburos de petróleo y sus derivados.

En tal sentido, la revisión sistemática permite identificar, seleccionar y evaluar críticamente las investigaciones relevantes para ser recolectadas y analizadas según datos provenientes de los estudios incluidos en la misma. Asimismo, el metaanálisis es la técnica estadística que combina los resultados de estudios individuales para sintetizar a través de la revisión sistemática sus resultados y dar una estimación global. (González, Cobo y Villaró, 2014).

Asimismo, Aguilera (2004) define a la revisión sistemática, como una forma de investigación que recopila y proporciona un resumen sobre un tema específico

(orientado a responder a una pregunta de investigación). Además, el centro de estudio son las investigaciones disponibles en los recursos electrónicos.

Es por ello, que se pretende resolver el siguiente problema general: ¿Es posible sistematizar y evaluar la eficacia de la aplicación de microorganismos aerobios para la biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos de petróleo y sus derivados a través de la revisión sistemática y metaanálisis?, además de los problemas específicos: ¿Cuáles son las condiciones ambientales y concentración microbiana útil para lograr la eficacia en la aplicación de microorganismos aerobios para la biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos de petróleo y sus derivados como resultado de la revisión sistemática y metaanálisis?, ¿Cuáles son las causas de suelos contaminados, parámetros químicos y biológicos, y la concentración de hidrocarburos de petróleo y sus derivados como resultado de la revisión sistemática y metaanálisis? y ¿Qué técnicas de biorremediación según los distintos estudios recopilados son las más apropiadas para la aplicación de microorganismos aerobios en suelos contaminados por hidrocarburos y sus derivados, como resultado de la revisión sistemática y metaanálisis?

Para justificar la investigación, se tomó en cuenta la problemática actual de la contaminación de suelos por hidrocarburos de petróleo y sus distintos derivados los cuales han crecido demasiado en las últimas décadas, ocasionando daños en distintos ecosistemas. En consecuencia, las alternativas de solución para remediar los daños ocasionados por las actividades antrópicas crecieron a través de las distintas investigaciones realizadas y publicadas para tomarse en cuenta en su posterior uso. De tal manera, la presente investigación contribuye con la recopilación de las distintas investigaciones respecto a la aplicación de microorganismos aerobios para la biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos de petróleo y sus derivados, a través de una revisión sistemática, y el posterior meta-análisis para así sintetizar los resultados de esa amplia gama de investigaciones, logrando integrar los hallazgos de diversos autores y con ello que la labor de investigación sea más factible hacia el futuro.

En respuesta a los problemas se planteó como objetivo general: Sistematizar y evaluar la eficacia de la aplicación de microorganismos aerobios para la biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos de petróleo y sus derivados a través de la revisión sistemática y metaanálisis si corresponde, y como objetivos específicos se estableció los siguientes: Identificar las condiciones ambientales y determinar la concentración microbiana útil para lograr la eficacia de la aplicación de microorganismos aerobios para la biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos de petróleo y sus derivados c; identificar la causa de suelos contaminados por hidrocarburos, sus parámetros químicos y biológicos, así como las concentraciones de hidrocarburos de petróleo y sus derivados mediante la revisión sistemática y metaanálisis si corresponde; y por último evaluar e identificar a través de la revisión sistemática las técnicas de biorremediación apropiadas para la aplicación de microorganismos aerobios en suelos contaminados por hidrocarburos y sus derivados.

De este modo, se procura verificar la hipótesis general: mediante la revisión sistemática y metaanálisis se establecerá la eficacia de la aplicación de microorganismos aerobios para remediar suelos contaminados por hidrocarburos de petróleo y sus derivados depende del tipo de microorganismo empleado, así como las condiciones ambientales del lugar, así como las específicas: mediante la revisión sistemática y metaanálisis se establecerá las condiciones ambientales y la concentración microbiana determinan la eficacia de la aplicación de microorganismos aerobios para la biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos de petróleo y sus derivados; mediante la revisión sistemática y metaanálisis se establecerá la causa de suelos contaminados por hidrocarburos depende principalmente de las actividades económicas involucradas en las muestras obtenidas por los distintos autores; y por último mediante la revisión sistemática y metaanálisis se identificará las técnicas de biorremediación apropiadas para para la aplicación de microorganismos aerobios en suelos contaminados por hidrocarburos de petróleo y sus derivados.

## II. MARCO TEÓRICO

La investigación recopila antecedentes bajo un contexto nacional e internacional en referencia a estudios sobre la aplicación de microorganismos aerobios para la biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos de petróleo y sus derivados tal y como se describe a continuación.

Bajagain, Gautam y Jeong (2020) en su estudio *Biodegradation and post-oxidation of fuel-weathered field soil*, evaluaron y analizaron un proceso de bioaumentación agrícola a escala de laboratorio realizado mediante el uso de microorganismos, nutrientes y tensioactivos que degradan el aceite, seguido de productos químicos oxidantes como tratamiento posterior. Los resultados demostraron que la adición de microorganismos disminuyó gradualmente la concentración de TPH del suelo (TPH inicial =  $5932 \pm 267$  mg / kg) con una eficiencia de eliminación de 70-72% (TPH > 800 mg). Se concluyó que, el tratamiento de post-oxidación puede oxidar menos porciones biodegradables solo después de la biodegradación, minimizando así la demanda de oxidantes y mejorar las propiedades del suelo, como el pH, la cantidad de sustratos naturales y población microbiana.

El mismo año, Xia et al. (2020) establecieron un consorcio bacteriano promotor del crecimiento de las plantas, utilizando cepas previamente aisladas de una unidad de gestión de residuos sólidos (SWMU), y determinaron su efectividad con respecto a la mejora de la colonización de pastos salados del suelo contaminado de la SWMU. Se destaca a través de los resultados del experimento que, un enfoque combinado de la inoculación de PGPBc a la hierba salada y la enmienda con tierra para macetas es la opción más ventajosa para ayudar a la fitorremediación en la SWMU.

Igualmente, Guarino et al. (2020) en su estudio evaluaron la remediación de los TPH del suelo por parte de plantas Poaceae (*Oloptum miliaceum* y *Pennisetum setaceum*) y microorganismos. Finalmente, después de 240 días, el porcentaje de TPH eliminados en el Grupo 2 fue del 94%, mientras que en el Grupo 1 fue del 78% en *Oloptum miliaceum*.

Desde otra perspectiva, Baoune et al. (2019) en su investigación *Bioremediation of petroleum-contaminated soils using Streptomyces sp. Hlh1*, evaluaron el uso de *Streptomyces sp. Hlh1* para remediar suelos contaminados con diferentes concentraciones de petróleo crudo mediante el estudio de su tasa de remoción total de hidrocarburos de petróleo (TPH) y fracciones de hidrocarburos. El estudio fue aplicado y experimental. Los resultados demuestran que la biorremediación utilizando *Streptomyces sp. Hlh1* representaría una alternativa prometedora desde un punto de vista biotecnológico, para eliminar y desintoxicar el petróleo de ambientes contaminados.

Asimismo, Zhang, Zhang y Zhang (2019) en su investigación *Bioremediation of petroleum hydrocarbon-contaminated soil by petroleum-degrading bacteria immobilized on biochar*, estudiaron la capacidad de las bacterias degradantes del petróleo inmovilizadas en biocarbón, bacterias libres y biocarbón solo en la eliminación de TPH en el suelo mediante análisis gravimétrico y cromatografía de gases-espectrometría de masas. Los resultados destacan el potencial de la aplicación de microorganismos inmovilizados en biocarbón para acelerar la biodegradación del petróleo y mantener el equilibrio del ecosistema del suelo, que puede atribuirse a la energía sinérgica, efecto de la bioestimulación y bioaumentación.

Por su parte, Hernández-Santana y Dussán (2018) evaluaron la capacidad de degradación de hidrocarburos aromáticos al aplicar la bacteria *Lysinibacillus sphaericus*, a través de la técnica Landfarming, en un periodo de 50 días. Los resultados demostraron que la bacteria *L. sphaericus* fue capaz de crecer utilizando diferentes hidrocarburos aromáticos mono y policíclicos, así como mezclas complejas de hidrocarburos como única fuente de carbono. Se destaca que el crecimiento estuvo acompañado por una reducción en la concentración de TPH e hidrocarburos volátiles como benceno, tolueno, etilbenceno y fenol.

Por otra parte, Micle et al. (2018) determinaron los parámetros óptimos de la técnica de biorremediación ex situ a través del tratamiento de biopilas para suelos contaminados con PHC mediante una configuración experimental que controla el tiempo de aireación, la humedad del suelo y el contenido de microorganismos. Los

resultados indicaron que mediante la adición de microorganismos la biorremediación es mucho más efectiva que la atenuación natural. Asimismo, se destaca una disminución acentuada de las concentraciones de PHC después de 4 semanas de tratamiento, independientemente de las condiciones del tratamiento.

Asimismo, Bedoya y Estupiñan (2018) evaluaron la capacidad micorremediadora en petróleo crudo de 3 especies de hongos filamentosos (*Neosartorya* sp., *Aspergillus* sp., y *Rhizomucor* sp.) a través de la técnica de Landfarming. Los resultados demostraron una efectividad de 100% por medio de la enzima extracelular perteneciente al grupo de lignina-peroxidasa llegando a confirmar la eficacia biorremediadora en suelos contaminados por petróleo crudo pesado de las 3 especies de hongos filamentosos empleados esto en un período de 2 a 10 días.

Además, Leal et al. (2018) en su investigación monitorearon la dinámica poblacional y la supervivencia de un consorcio bacteriano (*Acinetobacter baumannii* LBBMA 04, *Pseudomonas aeruginosa* LBBMA 58, *Ochrobactrum anthropi* LBBMA 88b, *Acinetobacter baumannii* LBBMAES11 y *Bacillus subtilis* LBBMA 155) durante los ciclos de contaminación y biodegradación del gasóleo en un suelo tropical, y correlacionar la dinámica poblacional de los individuos, para luego evaluar el efecto de la contaminación sucesiva del suelo con gasoil. Los resultados muestran que la contaminación recurrente por hidrocarburos afectó la estructura poblacional del consorcio bacteriano y aumentó la densidad poblacional total del consorcio bacteriano. Asimismo, se destaca su posterior uso en la biorremediación de sitios altamente contaminados con gasóleo.

Desde otro enfoque, Doria (2018) evaluó la técnica de biorremediación a escala piloto a través de la adición de nutrientes para estimular el crecimiento bacteriano y poder degradar residuos aceitosos. Los resultados luego de 120 días del período de experimentación, determinaron la efectividad del proceso a través de valores óptimos de temperatura, pH, humedad y crecimiento bacteriano de especies como: *las Pseudomonas spp*, *Actinobacter spp* y *Bacillus sp*. Finalmente, destacan su posterior uso como alternativa para la remoción de residuos aceitosos a mayor escala.

Mientras que Ortíz-Maya et al. (2017) evaluaron la dinámica de las comunidades bacterianas y su relación con la actividad deshidrogenasa durante la biorremediación de un suelo recién contaminado con hidrocarburos, e intemperizado-contaminado, bajo condiciones de atenuación natural y bioestimulación. Los resultados demostraron una alta actividad biológica de los microorganismos nativos y un incremento gradual de la riqueza de poblaciones bacterianas en respuesta a la presencia de los contaminantes y a la bioestimulación.

Además, Ariza y Mejía (2017) optimizan el proceso de la técnica de Landfarming para mejorar el proceso de tratamiento de suelos contaminados por hidrocarburos a través de la adición de materia orgánica que contiene restos de podas para mejorar las condiciones de desarrollo de microorganismos degradadores de hidrocarburos, así como aumentar la concentración de nutrientes y favorecer la circulación de aire en el proceso para los microorganismos aerobios.

Por otra parte, Gilavand et al. (2016) estudiaron la capacidad de degradación de los dos aislamientos más eficientes, incluyendo dos cepas bacterianas (Bs1 y Bs2), los cuales fueron investigados en inoculación pura y en forma mixta a medios minerales suplementados con diferentes hidrocarburos orgánicos. Los resultados mostraron que la capacidad de degradación de hidrocarburos en presencia de alquitrán de hulla de la cepa de Bs2 fue de 24, 39 y 68%, mientras que en la Bs1 pudo ser de 34% de alquitrán de hulla, 61% de aceite crudo y 81% de aceite de oliva durante 14 días de incubación.

Además, Franchi et al. (2016) en su investigación *Exploiting Hydrocarbon-Degrading Indigenous Bacteria for Bioremediation and Phytoremediation of a Multicontaminated Soil*, aplicaron un enfoque de tres pasos: landfarming, bioaumentación y fitorremediación en un área industrial en desuso contaminada por compuestos que contienen hidrocarburos alquilaromáticos, cobre y níquel aplicando bacterias indígenas, aprovechando una acción combinada de bacterias autóctonas que degradan los hidrocarburos y promueven el crecimiento de las plantas para mejorar la fitorremediación.

Ese mismo año, Wang et al. (2016) en su estudio *Bioremediation of oil sludge contaminated soil by landfarming with added cotton stalks*, analizaron la capacidad del tratamiento de Landfarming con la aplicación de bacterias aerobias para reducir los hidrocarburos de petróleo y restaurar la calidad del suelo. Los resultados del análisis Biolog y PCR-DGGE revelaron la mejora de la cantidad y diversidad microbiana del suelo, y las 23 cepas predominantes aisladas mostraron un cambio en la estructura de la comunidad del suelo hacia las especies que degradan los hidrocarburos, incluyendo *Streptococo sp.*, *Shewanella sp.*, *Bacilo sp.*, *Pseudomonas sp.*, *Marinobacteria sp.*, *Thermoanaerobacter sp.*, etc.

También, Andreolli et al. (2016) en su investigación *Bioremediation of diesel contamination at an underground storage tank site: a spatial analysis of the microbial community*, analizaron los efectos del tratamiento Landfarming tanto en la estructura de la comunidad microbiana como en la disminución de la contaminación. Los análisis de PCR-DGGE evidenciaron que las comunidades bacterianas y fúngicas del suelo tratado fueron restauradas a las condiciones prístinas de la capa superficial del suelo no contaminada. La investigación demostró que las comunidades bacterianas y fúngicas se vieron afectadas de manera diferente por factores del suelo, como el nivel de contaminación por hidrocarburos y la profundidad y textura del suelo.

Igualmente, Baztan et al. (2015) utilizaron la técnica de electrobiorremediación para mantener la misma cantidad de microorganismos a través de la diferencia de volteejas que se presenta en la técnica y así aumentar el potencial para biodegradar hidrocarburos presentes en una antigua contaminación del suelo a remediar.

Desde otro enfoque, Silva-Castro et al. (2015) analizaron la respuesta de poblaciones bacterianas autóctonas de suelos contaminados con diésel durante el tratamiento de la técnica Landfarming. Por ello, compararon la actividad microbiana en dos suelos modificados con dos concentraciones de diesel (10,000 y 20,000 mg/kg) y evaluaron el efecto de la adición de dos agentes bioestimulantes (surfactante y fertilizante inorgánico NPK). Los resultados obtenidos del análisis de escalado multidimensional no métrico confirman la influencia de las características

iniciales del suelo en la respuesta del microbiota indígena y destaca la importancia de una caracterización precisa del suelo a ser biorremediable, como parámetro previo en un proceso de biorremediación.

Mientras que Waszak et al. (2015) en su investigación *Bioremediation of a Benzo[a]Pyrene-Contaminated Soil Using a Microbial Consortium with Pseudomonas aeruginosa, Candida albicans, Aspergillus flavus, and Fusarium sp.* Water, Air, and Soil Pollution, tuvieron como objetivo principal desarrollar una metodología de biorremediación para el contaminante benzo [a] pireno (B [a] P), que pertenece al grupo de los HAP. Fue un estudio aplicado y experimental, se evaluó la biorremediación para confirmar la reducción del contaminante; los resultados mostraron que  $65.51 \pm 0.95\%$  del contaminante fue degradado, lo cual es un desempeño importante y representativo.

Desde otro enfoque, Dong et al. (2014) midieron el efecto de inocular con bacterias PGPR *Serratia marcescens* BC-3 solo o en combinación con AMF *Glomus intraradices* sobre la fitorremediación de suelos contaminados con petróleo, utilizando maceteros para el crecimiento de avena sativa durante 90 días. Los resultados indicaron que la planta combinada con microorganismos para la remediación de hidrocarburos de petróleo sería un método factible.

Por otro lado, Jho et al. (2014) evaluaron el rendimiento del tratamiento de la técnica de biorremediación Landfarming y predijeron el período de tratamiento requerido utilizando la cinética de biodegradación, asimismo, probaron la remediación de los TPH residuales con oxidación de Fenton después del tratamiento de Landfarming. Se destaca el modelo de dos compartimentos para predecir el período de cultivo en tierra para el tratamiento combinado de Landfarming y oxidación de Fenton de suelos contaminados con TPH envejecidos en el campo.

También, Ferreira et al. (2013) evaluaron la biorremediación de un suelo contaminado por residuos aceitosos intemperizados, a través de la técnica de Landfarming en un período de 60 días, asimismo, aplicaron bacterias heterotróficas y hongos en el tratamiento. Los resultados luego de cumplirse el período de experimentación fueron positivos por obtener concentraciones finales de HTP menores a los establecidos en la Legislación Brasileña.

Desde otra perspectiva, Cabrera y Montenegro (2013) analizaron dos tratamientos a escala piloto para la biodegradación de suelos contaminados por hidrocarburos a través de la técnica Landfarming, empleando grandes espacios de terreno y dividiendo en dos para ser denominados hilera A e hilera B, asimismo, aplicar bacterias comerciales (AWT - B350) en la hilera A y bacterias nativas en la hilera B y así poder evaluar la eficiencia de las dos especies usadas para la biodegradación de hidrocarburos.

Desde otro enfoque, Journal (2012) en su investigación Characterization of pyrene utilizing *bacillus* spp. from crude oil contaminated soil. Tuvo como objetivo de estudio aislar un consorcio de bacterias mesófilas aeróbicas y sus aislados bacterianos de monocultivo de suelo contaminado con petróleo crudo con capacidad para crecer en medio acuoso y utilizar pireno. Los resultados mostraron que la captación de pireno se correlacionó con el crecimiento y la actividad biosurfactante, lo que sugiere el papel potencial de los miembros de *bacillus* en la movilización del pireno y su absorción.

El mismo año, Maletić et al. (2012) en su estudio Characterisation of weathered petroleum hydrocarbons during a landfarming bioremediation study. Buscaron identificar a los hidrocarburos de petróleo degradados que persistieron después del proceso de biorremediación y los metabolitos generados durante este proceso, mediante la aplicación de análisis de GC / MS en varias etapas del tratamiento. Luego, a través de los resultados demuestran que, en el suelo contaminado con hidrocarburos meteorizados, el número de compuestos detectados inicialmente después del proceso de biorremediación disminuyó aún más en 2 años y, al mismo tiempo, se observaron varios compuestos nuevos al final del experimento.

Wolicka et al. (2009) en su estudio *Application of aerobic microorganisms in bioremediation in situ of soil contaminated by petroleum products*, destacan la capacidad de microorganismos de degradar benceno, tolueno, etilbenceno, xileno (BTEX) de un área contaminada por productos del petróleo. Dicha conclusión la obtuvieron luego de que cultivos discontinuos en condiciones de laboratorio lograrán reducir el 84% de benceno, 86% de tolueno y 82% de xileno, asimismo, en cultivos con etilbenceno como única fuente de carbono, la reducción fue de alrededor del 80% y, en condiciones ambientales los valores fueron ligeramente más bajos: 95% de reducción de benceno y tolueno, 81% de etilbenceno y 80% de xileno.

En el Perú, Castillo (2009) en su tesis evaluó la eficacia de la técnica de Landfarming en la remediación de suelos contaminados con hidrocarburos de petróleo, bajo la aplicación de criterios de ingeniería y microbiología. Los resultados demuestran la eficiencia del proceso de Landfarming aumenta cuando es aplicada a suelos arenosos, debido a que el proceso de aireación es favorecido en este tipo de suelos fortaleciendo uno de los requisitos indispensables para el desarrollo de microorganismos aerobios empleados en este estudio.

Por otro lado, Souza et al. (2009) utilizaron a la cepa bacteriana *Allium* en un bioensayo para evaluar la técnica landfarming con enmienda de cáscara de arroz antes y después del ensayo de biodegradación de hidrocarburos en laboratorio, utilizando tres criterios de valoración citogenéticos: anomalías mitóticas y cromosómicas (MCA), micronúcleos (MN) y yemas nucleares (NB). Los resultados mostraron que el uso de cáscaras de arroz aceleró la eficacia de biodegradación de la agricultura y redujo su clastogenicidad, destacando la importancia de tratamientos suplementarios para mejorar la eficiencia de los procesos de biorremediación.

Además, Rubinos et al. (2008) evaluaron la eficiencia de las técnicas de Biorremediación: Landfarming y Biopilas para la recuperación de suelos contaminados con HCH, estimulando en ambos tratamientos la actividad microbiana para completar la biodegradación. Los resultados demostraron que ambos tratamientos pueden ser tomados como alternativas para biorremediación

de hexaclorociclohexano, sin embargo, solo la técnica de Biopilas pudo degradar los dos tipos de HCH presentes en el suelo contaminado por isómeros  $\alpha$ -y  $\gamma$ -HCH y  $\beta$ -y  $\delta$ -HCH, sobre uno que pudo la técnica de Landfarming.

Por otro lado, Nakatani et al. (2008) evaluaron la densidad microbiana, la actividad enzimática, la estructura de la comunidad bacteriana y la presencia de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) en la rizosfera de diferentes especies vegetales de crecimiento espontáneo. De tal manera, aplicaron los siguientes métodos de evaluación: conteo en placa de microorganismos, métodos moleculares, electroforesis en gel de gradiente desnaturante (DGGE) y secuenciación de genes, métodos colorimétricos para enzimas y porcentaje de colonización de raíces, conteo e identificación de esporas de HMA. Luego de la evaluación y análisis concluyeron que, la presencia de plantas aumenta la densidad de células bacterianas del suelo y altera la comunidad bacteriana en la agricultura terrestre de desechos petroquímicos.

La investigación se fundamentó en teorías que ayudan a entender mejor el tema de investigación, estas teorías son las siguientes:

Las **condiciones ambientales** son aquellas condiciones a tomar en cuenta por su gran importancia para el desarrollo de microorganismos usados para degradar hidrocarburos (Wang et al., 2013).

Por ende, es necesario tener siempre presente los valores de temperatura, humedad o pH antes y durante el tratamiento para que los microorganismos empleados cumplan su función de degradar hasta en un 100% hidrocarburos presentes en el suelo.

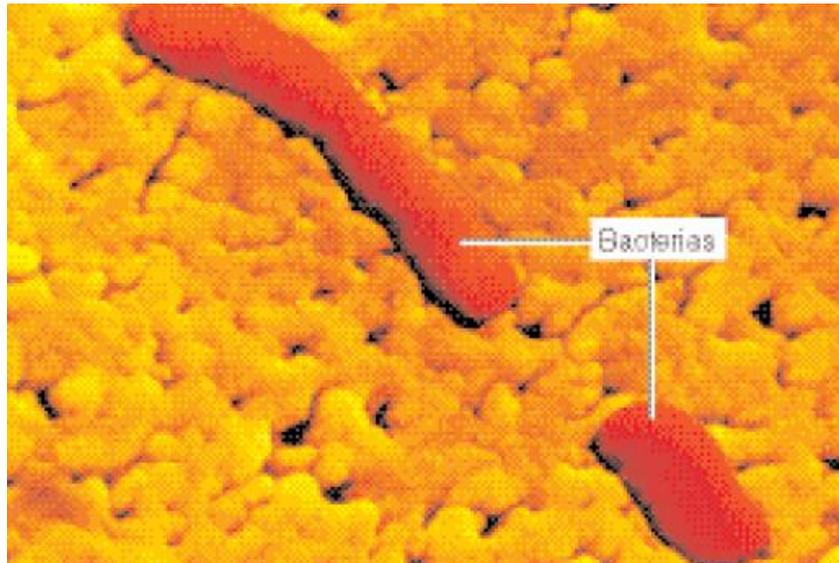
La **temperatura** es una medida del promedio de la energía cinética interna de un sistema. Además, es la responsable de la velocidad con la que microorganismos aerobios puedan degradar sustancias que alteran la calidad del suelo como los hidrocarburos, siendo valores cercanos a 40°C las más adecuadas para acelerar la degradación, pero, sin exceder dicha valor ni estar debajo de los 20°C si se quiere mantener o aumentar la actividad microbiana (Castillo, 2009).

La **humedad del suelo** es la cantidad de agua por volumen de tierra que hay en un terreno, la cual es muy importante para el desarrollo de microorganismos como las bacterias, debido a su uso como vía para que compuestos orgánicos y nutrientes lleguen al interior de las células. Su exceso reduciría la concentración de oxígeno provocando la disminución de hongos y bacterias aerobias (Wang et al., 2013).

El **pH** es una medida que diferencia a sustancias por su grado de acidez o alcalinidad a través de una escala que va de 0 – 14. Es muy importante para el desarrollo de microorganismos degradadores de sustancias contaminantes del suelo, siendo apropiado lo más cercano a un pH neutro, dependiendo su valor óptimo siempre del tipo de microorganismo presente en el suelo (Castillo, 2009).

En ese mismo contexto, los distintos autores citados hicieron uso en sus investigaciones de dos tipos de microorganismos capaces de degradar hidrocarburos en condiciones aerobias: las bacterias y los hongos.

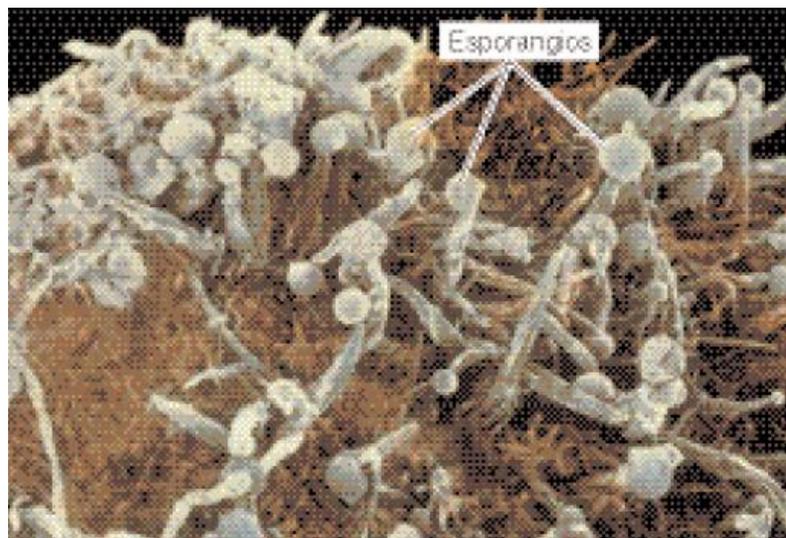
Las **bacterias** son microorganismos unicelulares, es decir solo poseen una célula, sin embargo, pueden reproducirse mediante la división en dos células iguales; su nutrición es basada en sustancias químicas orgánicas provenientes de organismos vivos o muertos (Figura 1). Asimismo, existen algunas que producen sus propios alimentos como las plantas a través de la fotosíntesis y algunas pueden nutrirse a partir de sustancias inorgánicas (Tortora, Funke y Case, 2007).



Fuente: Tortora, Funke y Case (2007)

Figura 1. Bacterias con forma de bastón *Haemophilus influenzae*

Los **hongos** son organismos cuyas células poseen un núcleo diferenciado que contiene el material genético llamado DNA (Figura 2). Al igual que las bacterias, estas se pueden nutrir de materia orgánica de seres vivos o muertos, sin embargo, su tamaño como microorganismo oval es mayor que las bacterias y su reproducción de tipo sexual y asexual (Tortora, Funke y Case, 2007).



Fuente: Tortora, Funke y Case (2007)

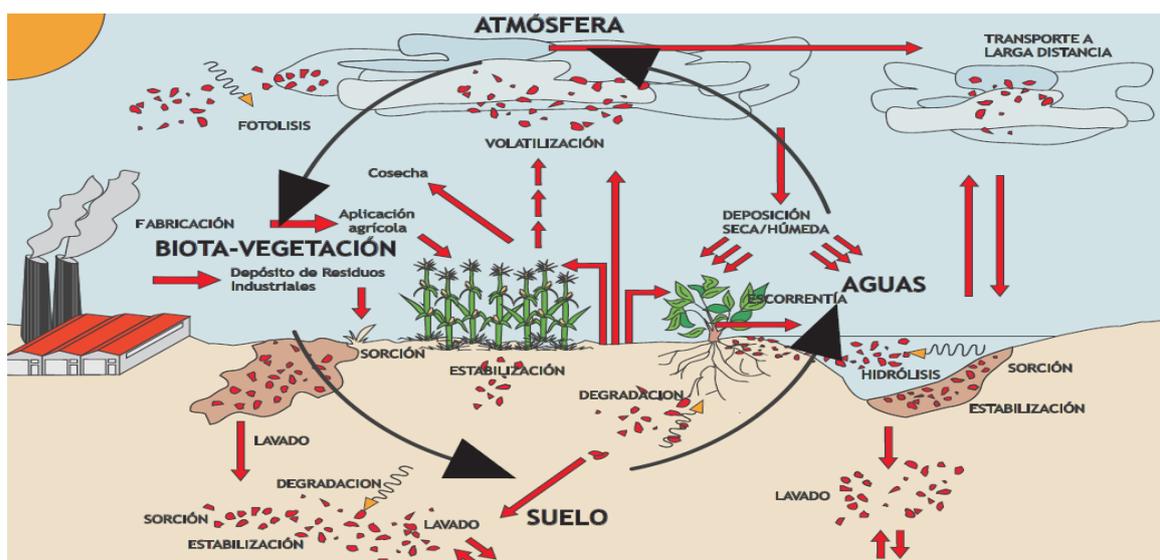
Figura 2. Hongo *Mucor*

Por otra parte, los hidrocarburos presentes en abundancia por la naturaleza hacen miles de años y responsable de la creación de muchos productos derivados del petróleo, son agrupados en las siguientes familias: parafinas volátiles, parafinas no volátiles, naftenos, oleofinas y aromáticos (Viñas y Solanas, 2005).

La concentración total de hidrocarburos, es medida a través de HTP. Los **Hidrocarburos Totales de Petróleo (HTP)** son una mezcla de productos químicos compuestos principalmente de hidrógeno y carbono, llamados hidrocarburos, siendo los más conocidos el hexano, benceno, tolueno, xilenos, naftalina, fluoreno, componentes de gasolina, y demás derivados del petróleo (Pons et al., 2011).

Los **Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP)** son compuestos formados por varios anillos bencénicos unidos. Asimismo, se encuentran en el medio ambiente en el petróleo, carbón, depósitos de alquitrán y como productos de la utilización de combustibles fósiles o de biomasa (Agudo, 2009).

El **Hexaclorociclohexano (HCH)** es una sustancia química que existe en ocho formas de isómeros (Figura 3). Además, presentan mayor facilidad que otros pesticidas organoclorados para movilizarse entre los compartimentos, lo que favorece su bioacumulación en recursos naturales como el suelo (Rubinos et al., 2008).



Fuente: Pereira, Martínez y Macías (2008)

Figura 3. Procesos relacionados con la transferencia, transporte y transformaciones del hexaclorociclohexano en el medio ambiente

### **III. METODOLOGÍA**

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

La presente investigación es de tipo aplicada. Sobre este tipo de investigación Baca (2013) manifiesta que este tipo de estudio se caracteriza por la búsqueda de la aplicación o uso de conocimientos adquiridos y por adquirir, después de implementar y sistematizar la práctica basada en investigación.

Por otro lado, el diseño es no experimental transeccional – descriptivo. Hernandez, Fernandez y Baptista (2010) mencionan que en este diseño se recogen datos en un tiempo determinado, siendo su propósito describir variables y verificar su incidencia en un tiempo determinado.

#### **3.2 Variables y operacionalización**

La investigación identificó las siguientes variables de operacionalización:

##### **Variable 1: Revisión sistemática de la aplicación de microorganismos aerobios**

Los microorganismos aerobios son aquellas bacterias y hongos capaces de oxidar hidrocarburos o degradar petróleo, disolventes, pesticidas, etc., siempre y cuando las concentraciones de compuestos inorgánicos como el nitrógeno y fósforo sean las adecuadas para la estimación de su crecimiento en su aplicación para oxidar y degradar hidrocarburos (Universidad de Navarra, 2015).

##### **Variable 2: Biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos de petróleo y sus derivados**

La biorremediación de suelos es una técnica de descontaminación que utiliza plantas o microorganismos, llevándose a cabo a través de los procesos in situ y/o ex situ, con el propósito de atenuar o recuperar contaminantes presentes en el ambiente y presentándose como una técnica de bajo costo y amigable con el medio ambiente en comparación con otros métodos (Coriolano y Filho, 2016).

\* La matriz de operacionalización de variables y la de consistencia se visualizan en el Anexo 2 y 3 respectivamente.

### **3.3 Población, muestra y muestreo**

La población está conformada por 123 investigaciones relacionadas con el tema de Aplicación de microorganismos aerobios para la biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos de petróleo y sus derivados en los últimos. Asimismo, la muestra está conformada por 21 artículos de investigación y una tesis, siendo seleccionados únicamente los que cumplieron con los siguientes criterios:

- Artículos publicados desde el año 2008 hasta el año 2020.
- Artículos que presenten datos recolectados de estudios hechos con microorganismos aerobios degradadores de hidrocarburos.
- Artículos publicados en revistas especializadas indexadas, que sean parte de las bases de datos Scielo, ScienceDirect, Crossref Metadata, WorldCat, Scopus y Web of Science.
- Artículos de tipo descriptivo y revistas científicas.
- Artículos publicados tanto en forma electrónica como en forma impresa.
- Tesis de investigación referidas al tema de estudio, que hayan sido aprobadas.

Al ser el estudio de tipo descriptivo, no se consideró el muestreo. Asimismo, solo se utilizó los estudios hallados que cumplieron con los criterios de selección como parte de la población de estudio.

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

En la investigación se utilizaron fichas de recolección de datos para un mejor desarrollo de la revisión sistemática.

Los instrumentos fueron cuatro fichas de registro de datos, siendo estos los siguientes: ficha general de recolección de datos, ficha de parámetros en aplicación de microorganismos, ficha de parámetros en biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos, y tabla de escala Newcastle – Ottawa modificada.

Validar un instrumento refleja en qué manera dicho instrumento de recojo de datos se ajusta a las necesidades de la investigación (Hurtado, 2012). Es por ello, que la validez de los instrumentos fue sometido a la evaluación de 3 expertos del área de investigación de la Universidad César Vallejo (Ver Tabla 1).

Tabla 1. Validación de expertos

NOMBRES	REGISTRO CIP	VALIDACIÓN (%)
DR. ACOSTA SUASNABAR, Eusterio Horacio	25450	90
DR. BENITES ALFARO, Elmer Gonzales	71998	85
DR. ORDÓÑEZ GÁLVEZ, Juan Julio	899972	90
PROMEDIO		88,3%

### 3.5 Procedimientos

El procedimiento de la presente revisión sistemática se dividió en 7 etapas (Figura 4), siendo estas las siguientes:



Figura 4. Procedimientos

## ETAPA 1: Recopilación de datos

La recopilación de los distintos estudios publicados tuvo que pasar el siguiente proceso de selección detallados en la Figura 5.

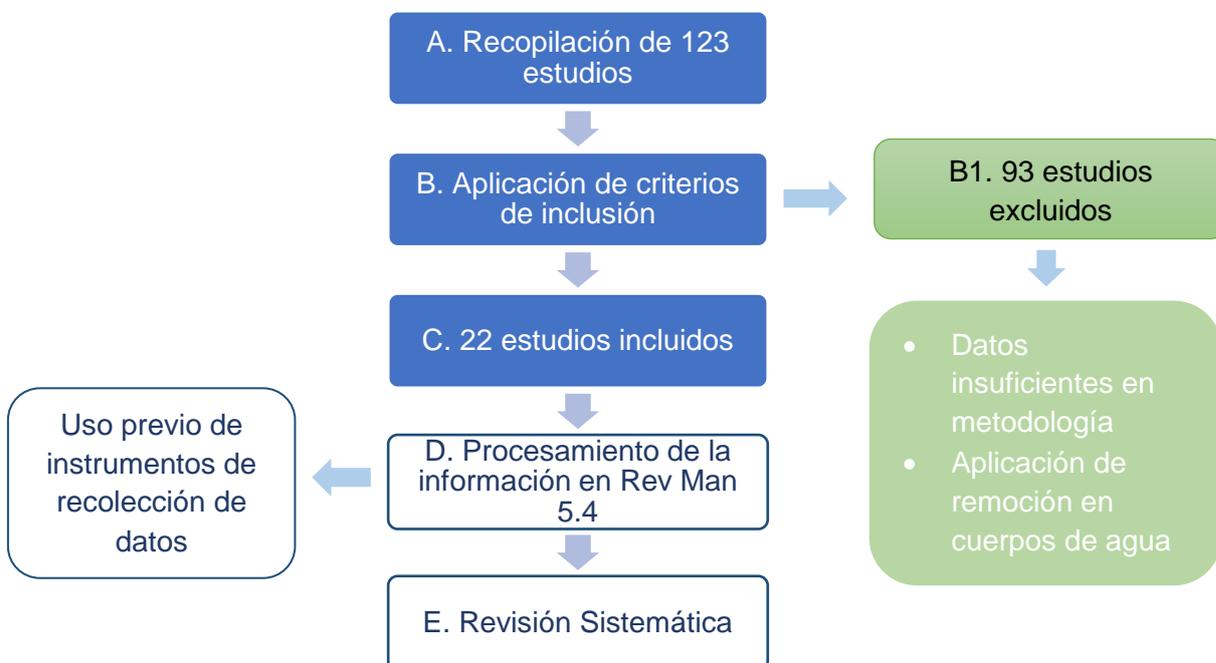


Figura 5. Proceso de selección de estudios Etapa 1

A. Se realizó la recopilación de 123 investigaciones mediante la búsqueda de artículos publicados entre los años 2008 al 2020 sobre el tema de estudio. Las bases revisadas fueron: Scielo, ScienceDirect, Crossref Metadata, WorldCat, Scopus, Web of Science y ProQuest.

B. En esta fase se aplicó los criterios de inclusión según la escala Newcastle – Ottawa modificada, al texto completo de las 123 investigaciones.

B1. En relación a la subfase B1 se tuvo un total de 93 investigaciones excluidas, las cuales fueron apartadas de la fase A, debido a datos insuficientes en sus metodologías y la aplicación de microorganismos en otros componentes ambientales como el agua.

C. Se obtuvo un total de 22 investigaciones, luego de aplicar los criterios de inclusión según la escala Newcastle – Ottawa modificada, para proceder con la aplicación de la Revisión Sistemática.

## ETAPA 2: Selección de software apropiado para analizar datos

Se eligió a Review Manager debido a que es un programa que logra guiar la elaboración de revisiones sistemáticas completas, desde la redacción del texto de las mismas hasta la realización de los análisis estadísticos, composición de figuras, tablas, apéndices y las referencias bibliográficas.

## ETAPA 3: Ejecutar el programa Review Manager 5.4

Instalar el programa luego de haber completado los requisitos de registro en la página web del programa.

## ETAPA 4: Procesamiento de la información

La etapa 4 detalla el procesamiento de información realizado en el software Review Manager 5.4 (Ver Figura 6).

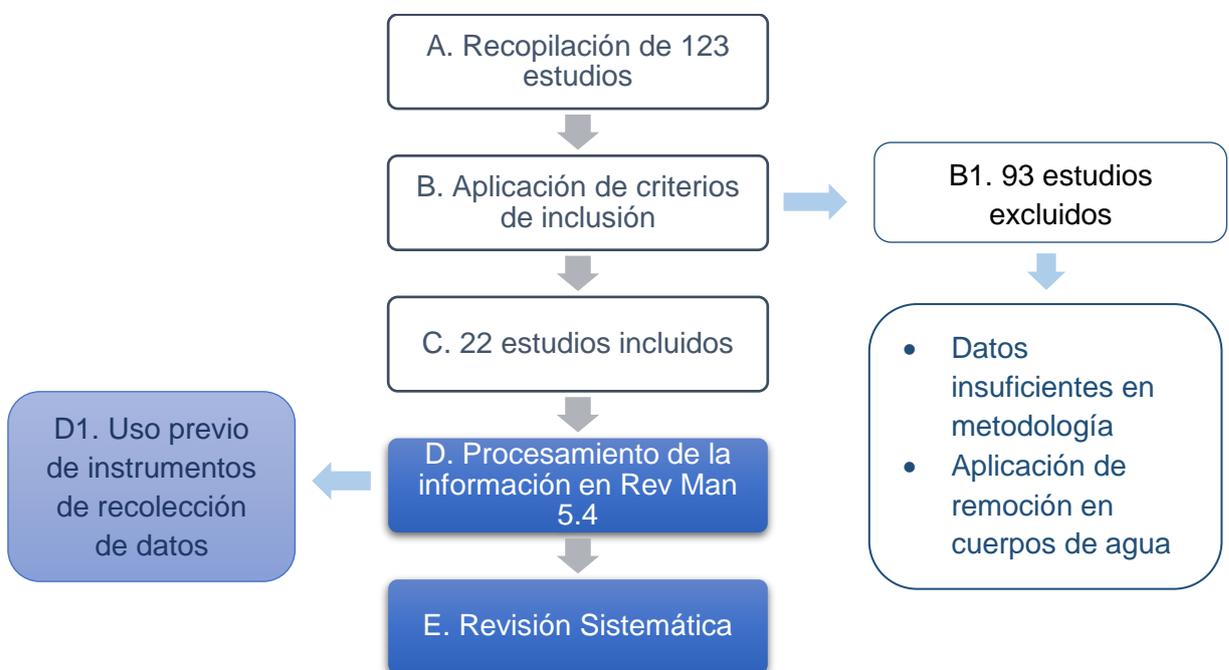


Figura 6. Procesamiento de información

D. El procesamiento de la información se realizó a través de la introducción de datos al programa Review Manager 5.4, apoyados de los 4 instrumentos de recolección de datos.

D1. Uso de 4 fichas de recolección de datos para introducción de información en programa Rev Man 5.4.

E. Realización de revisión sistemática.

### **ETAPA 5: Análisis de la información**

Este se realizó luego de haber procesado la información homogénea recopilada en el software Review Manager 5.4, para recién culminar la Revisión Sistemática. Se procedió a interpretar los gráficos de Funnel Plot y Forest Plot respectivamente para determinar el sesgo de información y heterogeneidad de la presente investigación. Asimismo, se analizó gráficos obtenidos por el programa estadístico IBM SPSS Statistics para hallar la mediana, la varianza y desviación del pH, temperatura, concentración de hidrocarburos, tiempo, y humedad de la revisión sistemática, así como, su normalidad.

### **ETAPA 6: Discusión de resultados**

Al finalizar se procedió a describir los resultados obtenidos, respondiendo a la problemática general y a los específicos respectivamente, de acuerdo a los resultados obtenidos en los distintos gráficos obtenidos de los programas estadísticos con Funnel Plot, Forest Plot e IBM SPSS Statistics.

### **ETAPA 7: Conclusiones**

Se logró los objetivos específicos, el objetivo general y se concluyó puntos importantes del desarrollo de la revisión sistemática.

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

Se realizó el análisis de los datos usando el programa Review Manager 5.4, para desarrollar la revisión sistemática y generar el Meta-análisis.

Para el procesamiento de la información en el programa Rev Man 5.4 se utilizaron datos dicotómicos, los cuales se presentaron y compararon el Odds Ratio. Las estimaciones del efecto presentadas para el estudio se desarrollaron con intervalos de confianza del 95%.

La heterogeneidad de las investigaciones se evaluó a través del análisis visual del diagrama de Funnel Plot y los valores obtenidos en diagrama de Forest Plot, con la finalidad de evaluar la superposición de los intervalos de confianza. A continuación, se realizó la prueba de homogeneidad chi-cuadrado, enseguida se cuantificó el grado de heterogeneidad con la prueba  $I^2$ . Esta prueba estadística ( $I^2$ ) establece la descripción del porcentaje de variabilidad de las estimaciones del efecto debido a la heterogeneidad en vez del error del muestreo.

La prueba  $I^2$  puede manifestar valores de 0 a 100% lo cual corresponde a los niveles de heterogeneidad, respectivamente.

Para lograr interpretar adecuadamente el valor de  $I^2$  se utilizaron los siguientes rangos (Oliveros, 2015):

- 0% - 30%: Podría no ser importante.
- 31% - 50%: Representa una heterogeneidad moderada.
- 51% - 70%: Representa una heterogeneidad significativa.
- 71% - 100%: Representa una heterogeneidad considerable.

Si existe heterogeneidad entre los resultados de las investigaciones, será necesario identificar la existencia de algún problema en la asignación de datos en el Rev Man 5.4. De encontrarse una heterogeneidad moderada y significativa, será necesario combinar las investigaciones y utilizar el modelo de efectos aleatorios.

Como los datos obtenidos están dirigidos a un enfoque ambiental, no será necesario cambiar el modelo de efectos fijos a aleatorios con respecto a la heterogeneidad del estudio, debido a que los resultados de las investigaciones no requieren de una población establecida para que el tratamiento surta efecto, pues se trabaja con diversas dosificaciones de microorganismos para tratar diversos tipos de hidrocarburos y concentraciones.

### **3.7 Aspectos éticos**

De acuerdo con el código de la Universidad César Vallejo, la información de la investigación es ejecutada con el criterio adecuado siguiendo procedimientos basados en la resolución del Consejo Universitario N°0126-2017 / UCV con respecto al código de ética a considerar en el desarrollo del trabajo (Capítulo 3), donde se mencionan las etapas y los pasos para la publicación de la investigación. Asimismo, se tomó en cuenta la RR N°0089-2019-UCV que explica los aspectos generales a considerar para la redacción de la investigación. También, se definió la línea de investigación basada en la RCU N°200-2018 / UCV.

Se respeta la autoría de la información bibliográfica, evidenciado a través de la ISO 690, citando en forma adecuada, clara a los autores y con la referencia de sus datos de publicación que nos darán una información confiable y veraz. Finalmente, el proyecto de investigación se pasa al turnitin para medir la similitud del trabajo con otros ya publicados.

#### IV. RESULTADOS

A fines de cumplir con los objetivos de la investigación se procedió al análisis de 22 muestras, luego de haber sido clasificadas según la información requerida en los instrumentos de recolección de datos para para luego ser procesadas en el programa Rev Man 5.4 (Ver Tabla 2, 3, 4 y 5).

Tabla 2. Ficha general de recolección de datos

FICHA GENERAL DE RECOLECCIÓN DE DATOS											
AUTOR(ES)	AÑO	ZONA DE ESTUDIO	TIPO DE MICROORGANISMO	CONDICIONES AMBIENTALES	TIPO DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO	TIPO DE HIDROCARBURO	TÉCNICA DE BIORREMEDIACIÓN	TIEMPO DE EXPERIMENTO	RESULTADOS	CONCLUSIONES	OBSERVACIONES
Bajagain, Gautam y, Jeong	2020	Corea del Sur	Bacterias ( <i>Pseudomonas sp.</i> )	T (°C) Humedad (%) pH (0-14)	No detalla el tipo de análisis estadístico	Aceite	Landfarming	3 meses	Los resultados demostraron que la aplicación de microorganismos y nutrientes disminuyeron la concentración de TPH del suelo en un 11,6%.	La eficiencia de remoción de TPH fue de 72% según valores máximos descritos en normativa coreana (TPH > 800 mg/kg).	Se observó que el tratamiento de Landfarming seguido de una post-oxidación puede oxidar menos porciones solo después de la biodegradación minimizando así la demanda de oxidantes y mejorando las propiedades del suelo.
Xia, Chakraborty, Terry, Prasad y, Fu	2020	EE. UU	Bacterias ( <i>Pseudomonas sp.</i> , <i>Serratia proteamaculans</i> , <i>Alcaligenes sp.</i> , <i>Bacillus sp.</i> )	T (°C) Humedad (%) pH (0-14)	Se realizó en Excel 2013 y SPSS Statistics 22	Hidrocarburo de petróleo	Fitorremediación asistida por bioaumentación	5 años	Los resultados mostraron que las cinco cepas seleccionadas y el consorcio PGPBc (plantas nativas) pueden tolerar hasta un 3% de TPH. Asimismo, la salinidad en la	Se demostró la capacidad de solubilización de fosfato de <i>Serratia proteamaculans</i> , y demostró el uso de PGPBc para promover el	Todas las cepas bacterianas usadas pueden crecer y proliferar en condiciones de estrés osmótico, facilitando la fitorremediación en la dependencia

									dependencia de manejo de residuos sólidos podría alcanzar hasta 8,3 g/L.	crecimiento de pasto salado en suelos contaminados con hidrocarburos.	de Manejo de Residuos sólidos.
Guarino, Marziano, Tartaglia, Prigioniero, Postiglione, Scarano y, Sciarrillo	2020	Italia	Bacterias endófitas ( <i>Comamomas koreensis</i> , <i>Ochrobactrum anthropi</i> , <i>Pseudomonas fluorescens</i> , <i>Pseudomonas putida</i> , <i>Bacillus cereus</i> , <i>Paenibacillus mucilaginosus</i> )	T (°C) Humedad (%) pH (0-14)	No detalla el tipo de análisis estadístico	Hidrocarburos Alifáticos	Fitorremediación asistida por bioaumentación	8 meses	Después de 240 días, el porcentaje de TPH eliminados en el Grupo 2 fue del 94%, mientras que en el Grupo 1 fue del 78% en <i>Oloptum miliaceum</i> y <i>Pennisetum setaceum</i> , desarrollado a través de la bioaumentación de bacterias endófitas.	La elección de bacterias que produzcan en gran medida EP, ACC y sideróforos garantiza la posibilidad de diferentes estrategias de ataque a moléculas recalcitrantes como el TPH. La adición de hongos micorrizas que colonizan naturalmente estas raíces ha magnificado la actividad de rizodegradación.	La asociación planta-endófito-microorganismo no debe verse en la perspectiva de una suma de efectos, sino un reordenamiento del co-metabolismo para considerar, juntos, un gran organismo que se reorganiza a sí mismo a través de señales y ajustes metabólicos.
Zhang, L, Zhang y X, Zhang.	2019	China	Bacteria: <i>Microbacterium</i>	T (C°) pH Humedad (%)	No detalla el tipo de análisis estadístico	Hidrocarburo de petróleo	Biorremedación con biocarbón en bioaumentación y bioestimulación	2 meses	La abundancia de materia orgánica, nitrógeno total y fósforo disponible en el biocarbón fue de 33,5, 15,7 y 0,440 g kg. 1 más alto que el suelo. El contenido final de TPH fue 10.14% mayor en BF que en BC y 22.30, 12.16% en BF, BC más alto que el del control	Después de 60 días de biorremediación, la aplicación de bacterias inmovilizadas en biocarbón había provocado la mayor disminución de petróleo	En el tratamiento de control, se produjo un ligero aumento en la respiración microbiana en los primeros 30 días, lo que implica que un fertilizante equilibrado también es vital para la biodiversidad del suelo y la biodegradación de los contaminantes.
Baoune, Aparicio, Pucci, Ould y Polti	2019	Alemania	Bacteria: <i>Streptomyces sp</i>	T (C°) y Humedad (%)	Análisis de varianza	Hidrocarburo de petróleo Y aromáticos.	Biodegradación asistida	2 meses	Al inicio de los experimentos,	El aceite de petróleo crudo se eliminó de las	La microbiota autóctona podría crecer

					(ANOVA) con el software estadístico Minitab 17.				el contenido de TPH se redujo de 20,048 a 13,053, 9060 y 10,474 mg · kg <sup>-1</sup> suelo en ISS-2, INS-2 y CNS-2, respectivamente, lo que se traduce en una eficiencia de eliminación de TPH del 35%, 55% y 48%	muestras de suelo contaminadas artificialmente mediante el uso de un inóculo del endofítico. <i>Streptomyces sp. Hlh1</i> .	en hidrocarburos de petróleo como fuente de carbono. En este trabajo, el efecto positivo del microbiota autóctona se observó principalmente en suelos contaminados con 2 y 10% de petróleo.
Hernández y Dussán	2018	Colombia	Bacterias ( <i>Lysinibacillus sphaericus</i> )	T (°C) Humedad (%) pH (0-14)	Se analizaron mediante análisis de varianza unidireccional (ANOVA).	Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos	Landfarming	28	Se encontró que <i>L. sphaericus</i> fue capaz de crecer utilizando diferentes hidrocarburos aromáticos mono y policíclicos, así como mezclas complejas de hidrocarburos como única fuente de carbono.	<i>L. sphaericus</i> demostró ser capaz de degradar una amplia gama de hidrocarburos de petróleo; por tanto, este microorganismo podría incorporarse en estrategias de bioaumentación para la remediación de hidrocarburos.	<i>L. sphaericus</i> también mostró la capacidad de degradar el TPH y los hidrocarburos volátiles en lodos aceitosos en procesos similares a la de Landfarming.
Doria	2018	Colombia	Bacterias ( <i>Spseudomona</i> , <i>Achromobacter</i> , <i>Micrococcus</i> y <i>Bacillus</i> )	T (°C) Humedad (%) pH (0-14)	Prueba de Chauvenet, medias normales, varianza y medias desconocidas t-Student, y correlación	Aceites usados en actividades de exploración y explotación de carbón	Biodegradación asistida	4 meses	La disminución de la concentración de hidrocarburo en el medio puede ser un segundo indicador de la degradación.	La estimulación de la biodegradación con excreta de ganado vacuno demuestra ser muy efectiva en la recuperación de suelos contaminados por aceites,	Durante el proceso de degradación ocurre un aumento de las variables físicas que interfieren en el proceso de degradación del hidrocarburo
Lopes, Pinheiro, De Cassia, Lopes y, R. Rogério	2018	Brasil	Consortio bacteriano ( <i>Acinetobacter baumannii</i> , <i>Pseudomonas</i> )	T (C°) Humedad (%)	No detalla el tipo de análisis estadístico	Gasoil	Biodegradación asistida	2 meses	La tasa de crecimiento más alta de todos los miembros del consorcio	La contaminación recurrente por hidrocarburos	el consorcio fue eficiente en la degradación de

			<i>aeruginosa, Ochrobactrum anthropi, Acinetobacter baumannii y Bacillus subtilis</i> )						ocurrió de 0 a 20 días, pero el aumento de población continuó hasta el final del experimento	afectó la estructura poblacional del consorcio bacteriano y aumentó la densidad poblacional total del consorcio bacteriano.	hidrocarburos diesel en suelos con contaminación recurrente
Bedoya y Estupiñan	2018	Colombia	Hongos ( <i>Neosartorya sp.</i> , <i>Aspergillus sp.</i> y <i>Rhizomucor sp.</i> )	pH (0-14)	Análisis ANOVA	Hidrocarburos de petróleo crudo	Landfarming	10 días	Concentración de 30.000ppm, el tiempo tuvo un promedio de digestión que disminuyó a la mitad, lo que equivale a 2.8 días. indica que para los tres géneros de hongos utilizados en la biorremediación	Los hongos filamentosos <i>Neosartorya sp.</i> Cepa A/N-1, <i>Aspergillus sp.</i> Cepa Y/As-3 y <i>Rhizomucor sp. cepa 1A/R-1</i> son capaces de biorremediar petróleo crudo pesado en un tiempo promedio entre 2- 10 días,	El desarrollo de este proyecto se identificaron siete cepas correspondientes al género <i>Rhizomucor sp.</i>
Ariza y Mejía	2017	Colombia	Bacterias biodegradadoras de hidrocarburos	T(°C) Humedad (%) pH (1- 14)	No detalla el tipo de análisis estadístico	Hidrocarburos de petróleo	Landfarming	2 meses	La determinación de HTP y sus fracciones fueron utilizados los criterios de muestreo aplicables a la restauración de suelos contaminados, que sugieren un valor de 2,000 mg/kg como HTP para suelos de tipo industria.	El diseño del landfarming con adición de materia orgánica es factible para el saneamiento del suelo contaminado con hidrocarburos totales. En su proceso de biorrecuperación, logró una remoción de hasta 76%	Considerando el efecto del agregado de materia orgánica sobre la eficiencia del proceso de biorremediación.
Alvaro, Arocena, Martínez y Nudelman.	2017	Argentina	Microorganismos heterótrofos aerobios totales HAT y degradadores de hidrocarburos DH	T (°C) pH (0-14)	Estadístico InfoSat, análisis de regresión no	Hidrocarburos de petróleo	Biorremediación convencional (aireación, laboreo y humectación)	4 meses	Los resultados del tratamiento SB proporciona una rápida disponibilidad de nutrientes y carbono	Se determinó la viabilidad de biorremediación suelos	El incremento de la población microbiana nativa del suelo puede acelerar la

					lineal y análisis de varianza				fácilmente degradable, lo cual se manifiesta en un acelerado crecimiento de ambas poblaciones de microorganismos.	patagónicos contaminados con hidrocarburos mediante el agregado de biosólidos provenientes de plantas de tratamiento de aguas residuales.	degradación de contaminantes orgánicos, para ello es necesario agregar nutrientes de manera equilibrada, fundamentalmente fuentes de carbono.
Ortiz, Escalante, Focil, Ramírez y Días.	2016	México	Bacterias nativas ( <i>Pelobacter</i> y <i>Nocardioides</i> )	Humedad (%) pH (0-14)	Análisis de Correlación de Pearson, y el estimador estadístico no paramétrico de Chao2	Hidrocarburo de petróleo	Biodegradación asistida	2 meses	En general, la actividad deshidrogenasa para el IBE fue tres veces superior respecto a la registrada para el suelo IAN. Estos resultados sugieren que la bioestimulación favoreció el incremento en la actividad metabólica.	La evaluación de la actividad deshidrogenasa combinada con la determinación de la estructura y dinámica de las comunidades bacterianas permitió demostrar una alta actividad biológica de los microorganismos nativos.	Se permitió valorar el potencial de biodegradación y dinámica de la comunidad procariota durante la biorremediación de hidrocarburos en suelo.
Andreolli, Albertarelli, Lampis, Brignoli, Seyed y Vallini	2016	Italia	Bacterias degradadoras de diésel ( <i>Proteobacterias</i> y <i>Acidobacterias</i> )	pH (1-14) T (C°) H (%)	Análisis de varianza (ANOVA) con la prueba de tukey	Hidrocarburos de gasolina	Landfarming	6 meses	Resultados indicaron que el tratamiento con Micropan Petrol y Micropan NP 100 mejoró significativamente el agotamiento del diésel (PAGS\ 0,01) en comparación con el suelo de control.	En conclusión, el tratamiento de biorremediación restauró una población microbiana similar a la presente antes de que ocurriera la contaminación.	El número total de bacterias y hongos se mantuvo estable entre las muestras recolectadas a la misma profundidad, independientemente de las diferentes concentraciones de TPH.
Wang, Zhang, Li y Guo	2016	China	Bacterias heterótrofas totales y bacterias degradantes del petróleo.	T (°C) Humedad (%) pH (0-14)	No detalla el tipo de análisis estadístico	Hidrocarburo de petróleo	Biorremediación con adición de tallos de algodón.	39 meses	La mayor remoción de TPH en un período de 39 meses fue causada por tallos de algodón añadidos y labranza oportuna.	El tratamiento mejorado de la agricultura terrestre del suelo contaminado con lodos de petróleo	Estudios anteriores revelaron que la biorremediación de es eficaz solo cuando la cantidad microbiana del suelo es superior a

										mediante la adición de tallos de algodón es una estrategia de biorremediación útil.	10 <sup>3</sup> mL 10 5 UFC g.
Waszak,B. da Cunha, Agarrallua, Goebel y Sampaio.	2015	Suiza	Consortio de Microorganismos ( <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Candida albicans</i> , <i>Aspergillus flavus</i> y <i>Fusarium sp.</i> )	T (C°)	No detalla el tipo de análisis estadístico	Hidrocarburo aromático policíclico	Biodegradación asistida	2 meses	El comportamiento de la bacteria. <i>P. aeruginosa</i> y los hongos <i>A. flavus</i> , <i>C. albicans</i> , y <i>Fusarium sp.</i> fue similar. Su crecimiento máximo se alcanzó entre los días 14 y 21 de forma regular para ambos grupos, fue posible detectar el uso parcial de los carbonos orgánicos de B [a] P como fuente de energía, demostrando así la posibilidad del proceso de biorremediación.	La metodología utilizada para cuantificar, incluida la extracción, fue eficaz para determinar el B [a] P en el suelo. La eficiencia de extracción osciló alrededor del 60,32%.	La elección de bacterias y hongos y el uso de un consorcio microbiano dependió de su disponibilidad y se basó en los estudios mencionados anteriormente, que demostraron su alta eficiencia para la degradación de PAH.
Dong, Gu, Gou, Xun y Liu	2014	EE.UU	Hongo ( <i>G. intraradices</i> ) y bacteria ( <i>S. marcescens</i> ) y actinomicetos	T (°C) Humedad (%) pH (0-14)	Análisis de varianza ANOVA del software SPSS	Hidrocarburo de petróleo	Fitorremediación	3 meses	El peso fresco y seco de las plantas bajo tratamiento con AMP fue más de 1,5 y 1,4 veces mayor que el de las plantas solo en fitorremediación.	Las tasas de degradación de TPH obviamente aumentaron con los tratamientos inoculados (P, AM, AMP). Especialmente, la tasa de degradación del tratamiento de coinoculación con AMP fue de hasta 72,24%.	Los tratamientos de inoculación (P, AM, AMP) incrementaron mayores comunidades microbianas, especialmente, la población de bacterias y actinomicetos.
Baztan,O.Pucci y N. Pucci	2014	Argentina	Bacterias degradadoras de petroleo.	pH (1- 14) Humedad (%)	Analisis de varianza (ANOVA) software BIOM	Hidrocarburos de petroleo	Electrobiorremediacion	3 meses	En un período de 3 meses se logro remover 85 % de HTP	Los microorganismos degradadores	Los valores de voltaje y de pH se mantuvieron en un rango

									utilizando la técnica de electrobiorremediación.	de hidrocarburos en los tres puntos de la cuba y aumentó de manera significativa los valores de biodegradación de hidrocarburos en el suelo.	que no produjo un impacto en el desarrollo bacteriano, ya que son compatibles.
Cabrera y Montenegro	2014	Ecuador	Bacterias comerciales AWT – B350 y bacterias nativas	T (C°) Humedad (%)	No detalla el tipo de análisis estadístico	Hidrocarburos de petróleo	Landfarming	5 meses	Las bacterias nativas fueron aptas para la biodegradación del suelo y el uso de bacterias comerciales no es imprescindible.	En la hilera A se biodegradó 10,20 Ton de tierra contaminada con hidrocarburos al usar las bacterias comerciales AWT – B350, mientras que en la hilera B se logró tratar 12,70 Ton, al usar un abono orgánico.	Tanto en la hilera A como en la hilera B, la concentración de bacterias presentes estuvieron sobre los valores recomendados para la biodegradación por el método de landfarming
Ferreira Do Nascimento, Santos y Pessoa	2013	Brasil	Bacterias heterotróficas y hongos totales	T (°C) Humedad (%) pH (0-14)	Análisis de varianza (ANOVA) con la prueba de tukey	Residuos de aceite de industria petrolera	Landfarming	2 meses	Los resultados de biodegradación de HTP encontrados son alentadores y revelan el éxito del biotratamiento para tratamiento de los suelos impactados con altas concentraciones de residuos aceitosos intemperizados.	Al final de 60 días de bioproceso, los suelos con las dos concentraciones menores ensayadas de HTP inicial fueron considerados tratados, de acuerdo con la Legislación Brasileña (HTP < 5 g/kg).	La concentración inicial de HTP también influyó negativamente en la biodegradación del CHR, no siendo observado efecto en la degradación del BaP, probablemente debido a la biodegradación preferencial de los HAP de menor peso molecular, sumado al intemperismo del suelo estudiado, contribuyendo la adsorción de este compuesto en las partículas finas del

											suelo, dificultando la biodegradación.
Castillo	2009	Perú	Bacterias ( <i>micrococcus spp</i> , <i>bacillus spp</i> , <i>staphylococcus spp</i> , <i>pseudomonas spp</i> , <i>predominio P. aeruginosa</i> , <i>Pseudomonas grupo fluorescente</i> y <i>enterobacter spp</i> ).	pH (1-14) T (C°) H (%)	No detalla el tipo de análisis estadístico	Hidrocarburos de petróleo	Landfarming	5 meses	La construcción del filtro natural contribuyó fundamentalmente al aislamiento de la napa freática, El seguimiento del tratamiento del día 144 se observó la reducción de los parámetros y metales pesados	El proceso de remediación que involucró la aplicación combinada de Landfarming se optimizó mediante el desarrollo biotecnológico involucrando el aislamiento y selección de cepas bacterianas degradadoras del contaminante.	Los microorganismos aislados corresponden a los tipos y géneros bacterianos conocidos y reportados por su habilidad para degradar hidrocarburos en climas tropicales.
Wolicka, Suszek , Borkowski y Bielecka.	2009	Polonia	Bacteria ( <i>Rhodococcus sp.</i> , <i>Pseudomonas sp.</i> ).	T (C°)	No detalla el tipo de análisis estadístico	Hidrocarburos Aromáticos (Benceno, Tolueno, Etilbenceno, Xileno)	Biodegradación asistida	7 meses	Los resultados confirman una reducción de BTEX de 86,8%.	Una alta eficacia de en el lugar la biodegradación resulta de la aplicación de comunidades bacterianas seleccionadas adaptadas para utilizar un tipo de compuesto BTEX.	la biorremediación eficaz del suelo a partir de productos del petróleo requiere la aplicación de comunidades mixtas de microorganismos.
Maletic, Roncevic, Dalmacija, Agbaba y Tubic	2012	Serbia	Bacterias (oxidantes de hidrocarburos)	pH (1-14) T (C°) H (%)	No detalla el tipo de análisis estadístico	Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos	Landfarming	2 años	Los datos muestran que, en el suelo contaminado con hidrocarburos meteorizados, el número de compuestos detectados inicialmente después del proceso de biorremediación disminuyó aún más durante un período de 2 años y, al mismo tiempo, se observaron varios compuestos nuevos al final del experimento.	Se demostró una mayor persistencia por una mayor norte-alcanos y alcanos ramificados, que podrían detectarse durante un período más largo.	El análisis destacó la importancia de norte- los alcanos, sus derivados sustituidos y los HAP como los contaminantes más importantes

Tabla 3. Escala Newcastle - Ottawa modificada

ESCALA NEWCASTLE – OTTAWA MODIFICADA							
AUTOR(ES)	CRITERIOS DE SELECCIÓN			RESULTADOS		DATOS ESPECÍFICOS	
	CORTE DE ESTUDIOS	REPRESENTATIVIDAD	EXPOSICIÓN	PORCENTAJE DE REMOCIÓN	PERÍODO DE APLICACIÓN	TOXICIDAD	SEGUIMIENTO
Bajagain, Gautam y Jeong	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Xia, Chakraborty, Terry, Prasad y, Fu	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI
Guarino, Marziano, Tartaglia, Prigioniero, Postiglione, Scarano, y Sciarillo	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI
Zhang, L. Zhang y X, Zhang.	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI
Baoune, Aparicio, Pucci, Ould y Polti	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Hernández y Dussán	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI
Doria	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI
Lopes, Pinheiro, De Cassia, Lopes R., Rogério	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI
Bedoya y Estupiñan	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Ariza y Mejía	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI
Alvaro, Arocena, Martínez y Nudelman.	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Ortiz, Escalante, Focil, Ramírez y Días.	SI	SI	SI	NO	SI	NO	SI
Andreolli, Albertarelli, Lampis , Brignoli, Seyed y Vallini	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI
Wang, Zhang, Li y Guo	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Waszak, B. da Cunha, Agarrallua, Goebel y Sampaio.	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI
Dong, Gu, Gou, Xun y Liu	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI
Baztan, O. Pucci y N. Pucci	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI
Cabrera y Montenegro	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI
<del>Mikkonen, Santalahti, Lappi, Pulkkinen, Montonen y Souminen</del>	SI	SI	NO	NO	SI	NO	SI
Wolicka, Suszek , Borkowski y Bielecka.	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI
Castillo	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI

Ferreira Do Nascimento, Santos y Pessoa	SI						
<del>P. Khanna, Goyal, S. khanna</del>	SI	SI	NO	SI	SI	NO	SI
Maletic, Roncevic, Dalmacija, Agbaba y malcolwatson	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI
<del>Shiguoeyoshi, Oswaldo, Fonseca y Rodrigues</del>	SI	SI	NO	NO	SI	NO	SI
<del>Rubinos y Barral</del>	NO	SI	NO	NO	NO	NO	SI
<del>Franchi, Agazzi y Rolli</del>	SI	NO	NO	NO	SI	NO	SI
<del>Mikkonen, Santalahti y Lappi</del>	SI	SI	NO	NO	SI	NO	NO
<del>Shiguoeyoshi, Siqueira y Sousa</del>	SI	NO	NO	NO	SI	NO	SI
<del>Souza, Henclain y Angelis</del>	NO	SI	NO	NO	NO	NO	SI

**Corte de estudios:** corresponde al corte de estudios de enero 2008 a mayo 2020; **Representatividad:** manifiesta si la muestra representa verdaderamente a suelos contaminados por hidrocarburos de petróleo y sus derivados, resultado de actividades antrópicas; **Exposición:** evalúa si los parámetros en aplicación de microorganismos (pH, humedad, temperatura, concentración microbiana) y parámetros en remoción de hidrocarburos (N, Cloruros, K, P, MO, concentración de hidrocarburos) fueron descritas, y si la aplicación de los microorganismos fue eficiente para disminuir o remover dichos valores; **Porcentaje de remoción:** indica si la concentración inicial de TPH, HCH o HAP disminuye después de la aplicación de microorganismos, **Periodo de aplicación:** indica el tiempo en el que los microorganismos logran biodegradar y remover porcentajes de TPH, HCH o HAP; **Toxicidad:** manifiesta si el estudio describe el grado de toxicidad de los suelos contaminados; **Seguimiento:** si realiza una evaluación de los suelos contaminados pre y post aplicación de microorganismos.

Tabla 4. Ficha de parámetros en aplicación de microorganismos

FICHA DE PARÁMETROS EN APLICACIÓN DE MICROORGANISMOS						
AUTOR(ES)	PROCEDENCIA DE LA MUESTRA	CONDICIONES AMBIENTALES			CONCENTRACIÓN MICROBIANA	TIEMPO (Días)
		pH (0-14)	HUMEDAD (%)	TEMPERATURA (°C)	CONCENTRACIÓN (µfc/g)	
Bajagain, Gautam y Jeong	Suelo agrícola	7,5	15 – 20	20	5,0 x 10 <sup>3</sup>	90
Xia, Chakraborty, Terry, Prasad y, Fu	Suelo de dependencia de manejo de residuos sólidos	6,5	ND	30	1,88 – 2,01	1826
Guarino, Marziano, Tartaglia, Prigioniero, Postiglione, Scarano, y Sciarrillo	Área cultivada periurbana	6,5	ND	21 - 26	2,0	240
Zhang, L,Zhang y X, Zhang.	Área de campo	7,4	70	30	9,5 x 10 <sup>-10</sup>	60
Baoune, Aparicio, Pucci, Ould y Polti	Suelo no contaminado (nivel laboratorio)	ND	20	30	2,42 x 10 <sup>-7</sup>	28
Hernández y Dussán	ND	5	ND	30	ND	28
Doria	Área del campus Universidad La Gauajira	6 – 8	11 – 21	27	149304,29	120
Lopes, Pinheiro, De Cassia, Lopes y, R. Rogério	Suelo contaminado y no contaminado	4,8	ND	30	1,3 x 10 <sup>-6</sup> - 2,9 x 10 <sup>-6</sup>	60
Bedoya y Estupiñan	Suelo agrícola	6	75 – 85	25	2,3 x 10 <sup>6</sup>	10
Ariza y Mejía	Área Del complejo carbonífero Cerrejón LLC	7,26	5,17	ND	4,87	51
Alvaro, Arocena, Martínez y Nudelman.	Suelos regionales contaminado	8.45	ND	20	4,0 x 10 <sup>6</sup> (HAT) 3,0 x 10 <sup>6</sup> (DH)	120
Ortiz, Escalante, Focil, Ramírez y Días.	Área de actividad petrolera y ganadera	4,5	27	30-35	1,2 x 10 <sup>7</sup>	58
Andreolli, Albertarelli, Lampis, Brignoli, Seyed y Vallini	Área de tanque subterráneo en una estación de servicio.	8.35	ND	20 – 26	4,01	75
Wang, Zhang, Li y Guo	Área de almacenamiento abierto de lodos de petróleo	8,60	2,74	25	2,25 x 10 <sup>8</sup> y 4,56 x 10 <sup>-6</sup>	1170

Waszak,B. da Cunha, Agarrallua, Goebel y Sampaio.	Suelo de laboratorio (inerte)	ND	ND	35	5,12 x 10 <sup>5</sup> bacterias 7,6 x 10 <sup>4</sup> hongos	42
Dong, Gu, Gou, Xun y Liu	Suelo Agrícola no contaminado	7,8	ND	28	5,7 x 10 <sup>4</sup>	90
Baztan,O.Pucci y N. Pucci	Suelos contaminados con residuos provenientes de landfarming	7,46	12	ND	5,4 x 10 <sup>7</sup>	63
Cabrera y Montenegro	Área de lodos contaminados en las instalaciones de INCINEROX	7,21	20- 98	22 - 40	1,0 x 10 <sup>5</sup>	140
Wolicka,Suszek , Borkowski y Bielecka.	Suelo contaminado área de una gasolinera	ND	ND	ND	1,0 x 10 <sup>6</sup>	30
Castillo	Área estancada de un tanque de almacenamiento de diésel.	7,03	10	ND	1,0 x 10 <sup>6</sup>	144
Ferreira Do Nascimento, Santos y Pessoa	Área usada para el tratamiento de la industria de petróleo y gas	6,9	ND	ND	1,0 x 10 <sup>6</sup>	60
Maletic, Roncevic, Dalmacija, Agbaba y malcolwatson	Área de la destrucción de infraestructura de la refinería de petróleo	7.3	50 - 80	ND	1,0 X 10 <sup>8</sup>	710

\*ND = No Detalla

Tabla 5. Ficha de parámetros en remoción de hidrocarburos

FICHA DE PARÁMETROS EN REMOCIÓN DE HIDROCARBUROS										
AUTOR(ES)	PROCEDENCIA DE LA MUESTRA	PARÁMETROS QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS					REMOCIÓN DE HIDROCARBUROS			TIEMPO (Días)
		N (ppm)	CLORUROS (ppm)	K (ppm)	P (ppm)	MATERIA ORGÁNICA (%)	CONCENTRACIÓN INICIAL (ppm)	CONCENTRACIÓN FINAL (ppm)	PORCENTAJE DE REMOCIÓN (%)	
Bajagain, Gautam y Jeong	Suelo agrícola	ND	ND	ND	191,8	4,3	5932	5241	72	90
Xia, Chakraborty, Terry, Prasad y, Fu	Suelo de dependencia de manejo de residuos sólidos	ND	45 000	ND	ND	ND	15000	255	98,3	1826
Guarino, Marziano, Tartaglia, Prigioniero, Postiglione, Scarano, y Sciarillo	Área cultivada periurbana	ND	ND	ND	ND	ND	317	19	94	240
Zhang, L. Zhang y X. Zhang.	Área de campo	ND	ND	ND	ND	ND	47700	27666	42	60
Baoune, Aparicio, Pucci, Ould y Polti	Suelo no contaminado (nivel laboratorio)	ND	ND	ND	ND	ND	67420	39655	59	28
Hernández y Dussán	ND	0,005	ND	ND	4	25	30,9	1,38	95	28
Doria	Área del campus Universidad La Gauajira	0,66	ND	ND	1,99	ND	91000	76000	65	120
Lopes, Pinheiro, De Cassia, Lopes y, Rogério	Suelo contaminado y no contaminado	60	ND	39	ND	ND	20	11	55	60
Bedoya y Estupiñan	Suelo agrícola	0,0012	ND	ND	0,094	ND	40000	15200	62	10
Ariza y Mejía	Área Del complejo carbonífero Cerrejón LLC	0,02	ND	ND	2,6	8	50000	12000	76	51
Alvaro, Arocena, Martínez y Nudelman.	Suelo regional contaminado	100	ND	ND	13.8	0.15- 0.08	100	10,8	89,2	120
Ortiz, Escalante, Focil, Ramírez y Días.	Suelo agrícola no contaminado	4,5	27	30-35	1.2 x 107	58	30000	15000	50	58
Andreolli, Albertarelli,	Área de tanque subterráneo en	30000	60000	ND	5000	ND	7042	112	98	75

Lampis , Brignoli, Seyed y Vallini	una estación de servicio										
Wang, Zhang, Li y Guo	Área de almacenamiento abierto de lodos de petróleo	3120	ND	880	3960	ND	5030	500	68,48	1170	
Waszak, B. da Cunha, Agarrallua, Goebel y Sampaio.	Suelo de laboratorio (inerte)	ND	ND	ND	ND	ND	3,74	1,29	65	42	
Dong, Gu, Gou, Xun y Liu	Suelo Agrícola no contaminado	ND	ND	335	84	3,02	5932	1647	72,24	90	
Baztan,O.Pucci y N. Pucci	Suelos contaminados con residuos provenientes de Landfarming	ND	ND	ND	ND	ND	24 600	3690	85	63	
Cabrera y Montenegro	Área de lodos contaminados en las instalaciones de INCINEROX	30,00	ND	25,33	6,03	ND	16 230	3170	80,5	140	
Wolicka,Suszek , Borkowski y Bielecka.	Suelo contaminado área de una gasolinera	9-10	ND	ND	1-3	ND	953,6	13,2	87	30	
Castillo	Área estanca de un tanque de almacenamiento de diésel.	104	12456	1892	85,9	5,22	85 000	1000	98,8	144	
Ferreira Do Nascimento, Santos y Pessoa	Área usada para el tratamiento de la industria de petróleo y gas	680	ND	ND	16	ND	15 300	2295	85	60	
Maletic, Roncevic, Dalmacija, Agbaba y malcolwatson.	Área de la destrucción de infraestructura de la refinería de petróleo	ND	ND	ND	ND	ND	8,65	2,42	72	710	

\*ND = No Detalla

Tabla 6. Análisis Descriptivo

DESCRIPTIVOS				
		Estadístico	Desv. Error	
pH	Media		5,461	,7494
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	3,880	
		Límite superior	7,042	
	Media recortada al 5%		5,590	
	Mediana		6,965	
	Varianza		10,109	
	Desviación estándar		3,1795	
	Mínimo		5,0	
	Máximo		8,6	
	Rango		8,6	
	Rango intercuartil		3,9	
	Asimetría		-1,078	,536
	Curtosis		-,417	1,038
	TEMPERATURA	Media		18,17
95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior	11,38	
		Límite superior	24,95	
Media recortada al 5%		18,24		
Mediana		25,00		
Varianza		186,147		
Desviación estándar		13,644		
Mínimo		22		
Máximo		40		
Rango		35		
Rango intercuartil		30		
Asimetría		-,568	,536	
Curtosis		-1,590	1,038	
HUMEDAD		Media		23,26
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	6,26	
		Límite superior	40,27	
	Media recortada al 5%		20,40	
	Mediana		6,37	
	Varianza		1169,425	
	Desviación Estándar		34,197	
	Mínimo		3,0	

	Máximo		98	
	Rango		98	
	Rango intercuartil		33	
	Asimetría		1,364	,536
	Curtosis		,275	1,038
TIEMPO	Media		167,00	69,454
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	20,47	
		Límite superior	313,53	
	Media recortada al 5%		120,00	
	Mediana		61,50	
	Varianza		86829,176	
	Desviación Estándar		294,668	
	Mínimo		10	
	Máximo		1170	
	Rango		1160	
	Rango intercuartil		86	
	Asimetría		2,969	,536
	Curtosis		8,637	1,038
	REMOCIÓN DE HIDROCARBUROS	Media		73,3422
95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior	62,6078	
		Límite superior	84,0766	
Media recortada al 5%			75,4391	
Mediana			76,0000	
Varianza			465,951	
Desviación Estándar			21,58590	
Mínimo			42,00	
Máximo			98,80	
Rango			88,66	
Rango intercuartil			25,25	
Asimetría			-1,441	,536
Curtosis			3,215	1,038
FÓSFORO		Media		17,8786
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	3,7893	
		Límite superior	31,9678	
	Media recortada al 5%		15,0928	
	Mediana		2,9950	
	Varianza		802,706	
	Desviación Estándar		28,33208	

	Mínimo	2,0	
	Máximo	85,90	
	Rango	85,90	
	Rango intercuartil	25,50	
	Asimetría	1,724	,536
	Curtosis	1,945	1,038
MATERIA ORGÁNICA	Media	7,5133	3,77871
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	-,4590
		Límite superior	15,4857
	Media recortada al 5%	5,1259	
	Mediana	,0000	
	Varianza	257,016	
	Desviación Estándar	16,03171	
	Mínimo	4,0	
	Máximo	58,00	
	Rango	58,00	
	Rango intercuartil	5,92	
	Asimetría	2,441	,536
	Curtosis	5,635	1,038
POTASIO	Media	30,0183	18,73977
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	-9,5191
		Límite superior	69,5558
	Media recortada al 5%	14,7426	
	Mediana	,0000	
	Varianza	6321,224	
	Desviación Estándar	79,50612	
	Mínimo	25	
	Máximo	335,00	
	Rango	335,00	
	Rango intercuartil	27,75	
	Asimetría	3,718	,536
	Curtosis	14,581	1,038
CLORUROS	Media	5,5000	3,58305
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	-2,0596
		Límite superior	13,0596
	Media recortada al 5%	2,7778	
	Mediana	,0000	
	Varianza	231,088	

	Desviación Estándar	15,20159		
	Mínimo	25		
	Máximo	60,00		
	Rango	60,00		
	Rango intercuartil	,00		
	Asimetría	3,195	,536	
	Curtosis	10,596	1,038	
CONCETRACIÓN MICROBIANA	Media	3,741	,8647	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1,917	
		Límite superior	5,565	
	Media recortada al 5%	3,327		
	Mediana	2,660		
	Varianza	13,457		
	Desv. Desviación	3,6684		
	Mínimo	1,0		
	Máximo	14,9		
	Rango	14,9		
	Rango intercuartil	4,2		
	Asimetría	1,923	,536	
	Curtosis	4,400	1,038	

De los datos presentados en la Tabla N° 6, se muestran la mediana, la varianza y desviación del pH, temperatura, concentración, tiempo, y humedad de la revisión sistemática respectivamente.

Tabla 7. Prueba de Normalidad

PRUEBAS DE NORMALIDAD						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
pH	,234	18	,010	,775	18	,001
TEMPERATURA	,247	18	,005	,776	18	,001
HUMEDAD	,304	18	,000	,703	18	,000
TIEMPO	,420	18	,000	,506	18	,000
REMOCIÓN	,127	18	,200*	,889	18	,037
FÓSFORO	,273	18	,001	,685	18	,000
MATERIA ORGÁNICA	,347	18	,000	,555	18	,000
POTASIO	,353	18	,000	,432	18	,000
CLORUROS	,475	18	,000	,431	18	,000

CONCETRACIÓN	,186	18	,102	,801	18	,002
*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.						
a. Corrección de significación de Lilliefors						

### **Contraste de hipótesis - Prueba de normalidad**

Se aplica el estadístico de prueba Shapiro Wilk con un nivel de confianza del 95%.

**Shapiro Wilk < 50 muestra**

**Kolmogorow - Smirnov > de 50 muestra**

#### **Prueba de hipótesis**

Se realiza la prueba de hipótesis para especificar si se puede aceptar o rechazar una afirmación de las dos posibles alternativas propuestas, a través de la muestra de datos obtenida.

**Ho:** Los datos proceden de una distribución normal

**H1:** Los datos no proceden de una distribución normal

#### **Regla de decisión**

**Sig.  $\leq$  0,05 Se rechaza la Ho, se acepta la H1.**

**Sig. > 0,05 Se acepta la Ho, se rechaza la H1**

#### **Resultado / Conclusión**

**P valor** menor de **0,05** entonces aceptamos la **H1**. Los datos no proceden de una distribución normal.

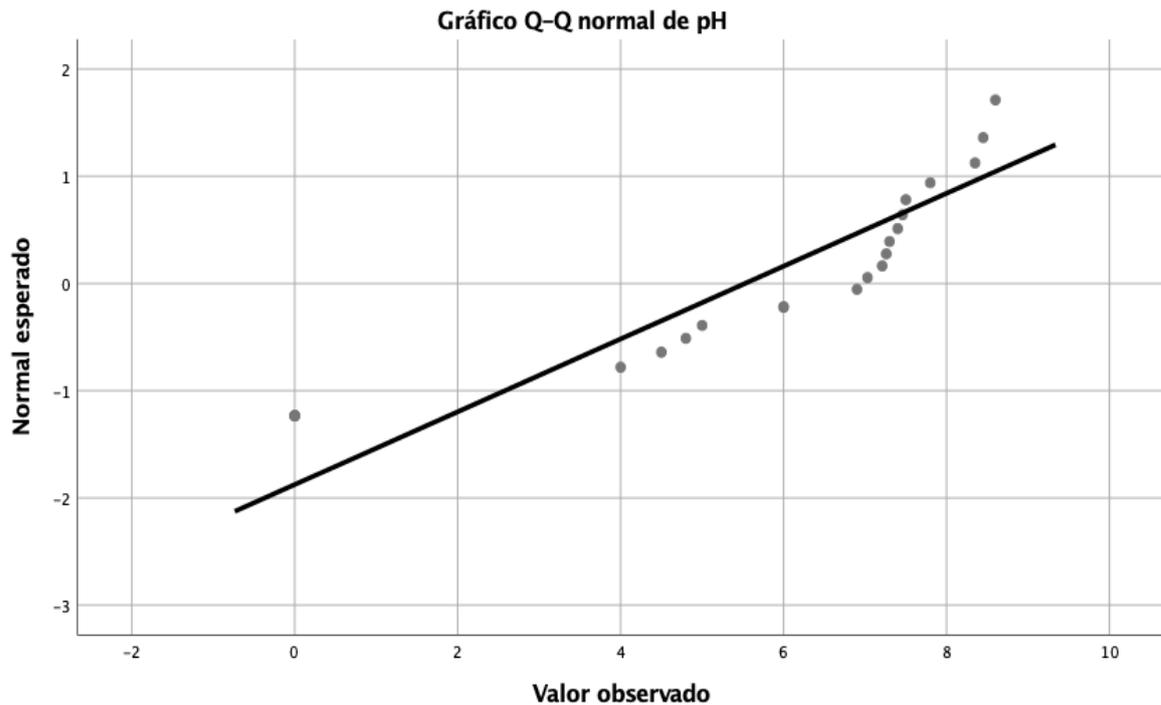


Gráfico 1. Normalidad para el pH

Como se observa en la Tabla N° 7 y el Grafico nº 1, se muestran datos procesados, en el cual, se determina que los datos ingresados para el pH, no presentan una distribución normal, esto indica que son datos no paramétricos, entonces podemos realizar el estadístico de Chi- Cuadrado.

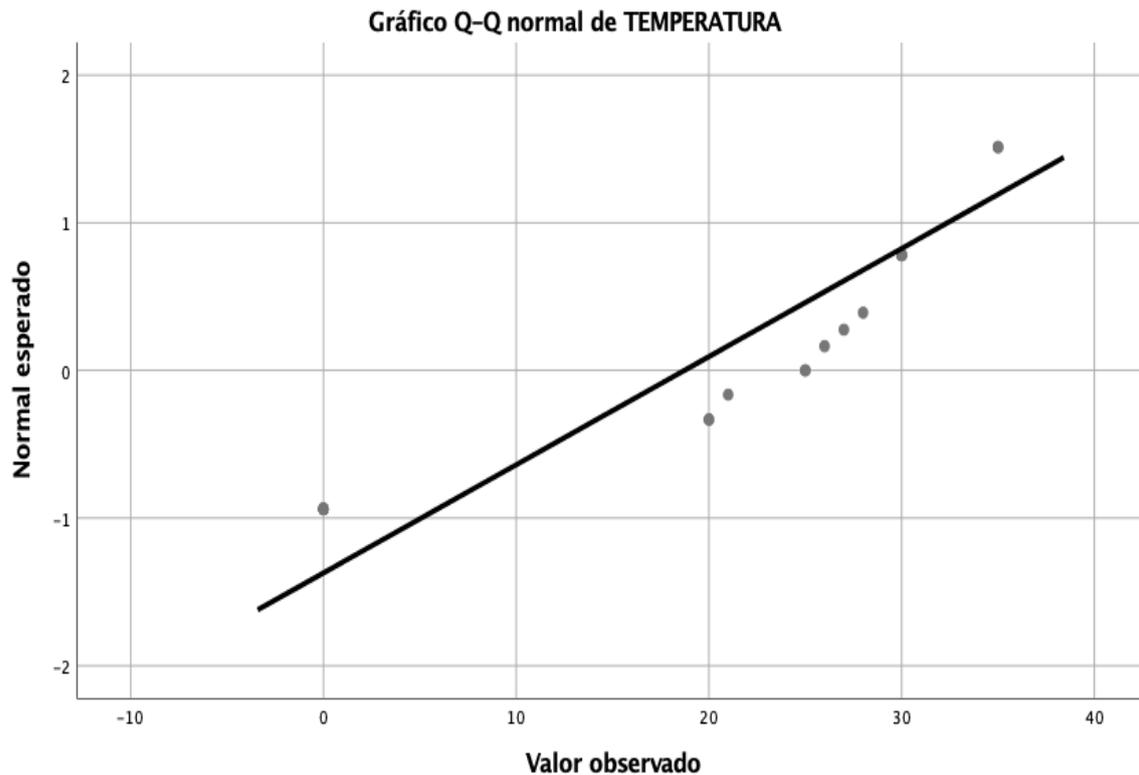


Gráfico 2. Normalidad para la Temperatura

Como se observa en la Tabla nº 7 y el Grafico nº 2, se muestran datos procesados, en el cual, se determina que los datos ingresados para la temperatura, no presentan una distribución normal, esto indica que son datos no paramétricos, entonces podemos realizar el estadístico de Chi- Cuadrado. De tal manera, el estadístico Chi Cuadrado nos ayuda a determinar si existe dependencia o no en las muestras, así como si existe vínculos entre ellos.

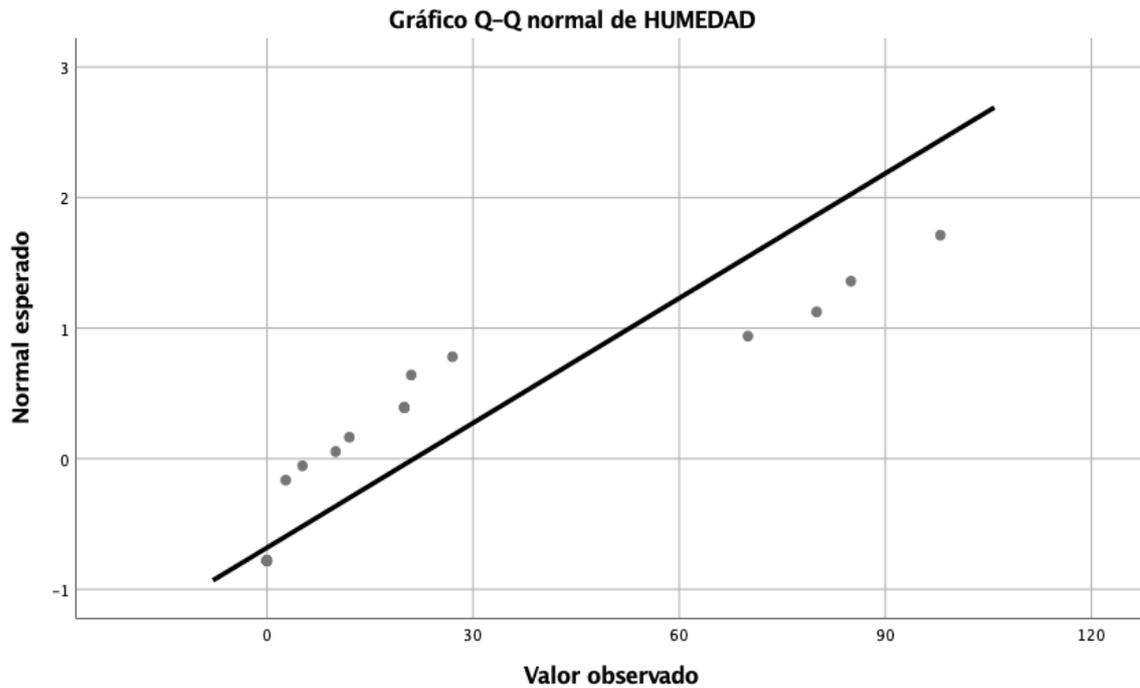


Gráfico 3. Normalidad para la Humedad

Como se observa en la Tabla nº 7 y el Grafico nº 3, se muestran datos procesados, en el cual, se determina que los datos ingresados para la humedad, no presentan una distribución normal, esto indica que son datos no paramétricos, entonces podemos realizar el estadístico de Chi- Cuadrado.

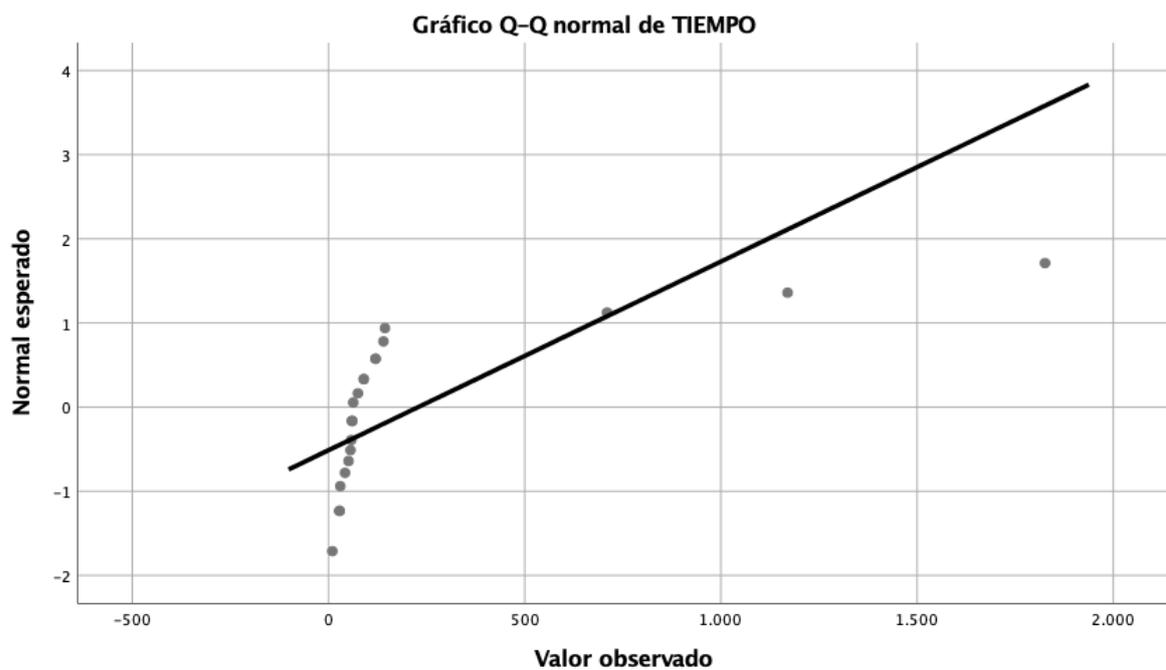


Gráfico 4. Normalidad para el tiempo

Como se observa en la Tabla nº 7 y el Grafico nº 4, se muestran datos procesados, en el cual, se determina que los datos ingresados para el tiempo, no presentan una distribución normal, esto indica que son datos no paramétricos, entonces podemos realizar el estadístico de Chi- Cuadrado.

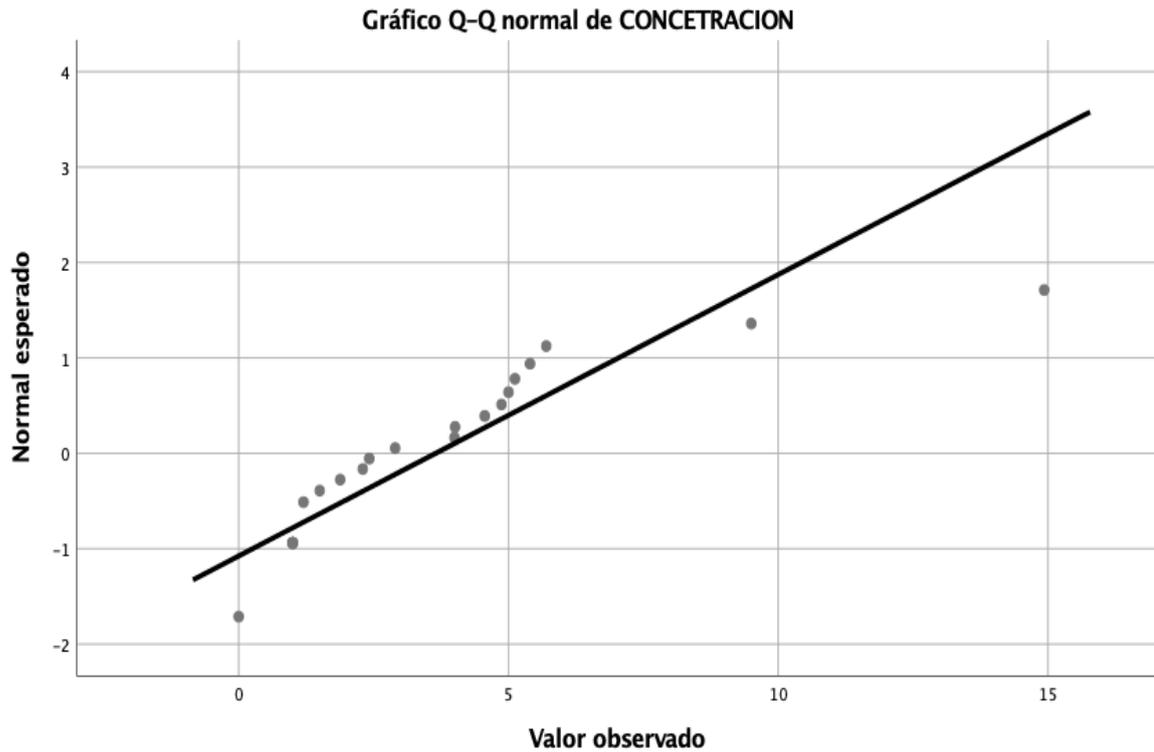


Gráfico 5. Normalidad para la concentración microbiana

Como se observa en la Tabla nº 7 y el Grafico nº 5, se muestran datos procesados, en el cual, se determina que los datos ingresados para la concentración, no presentan una distribución normal, esto indica que son datos no paramétricos, entonces podemos realizar el estadístico de Chi- Cuadrado. De tal manera, el estadístico Chi Cuadrado nos ayuda a determinar si existe dependencia o no en las muestras, así como si existe vínculos entre ellos.

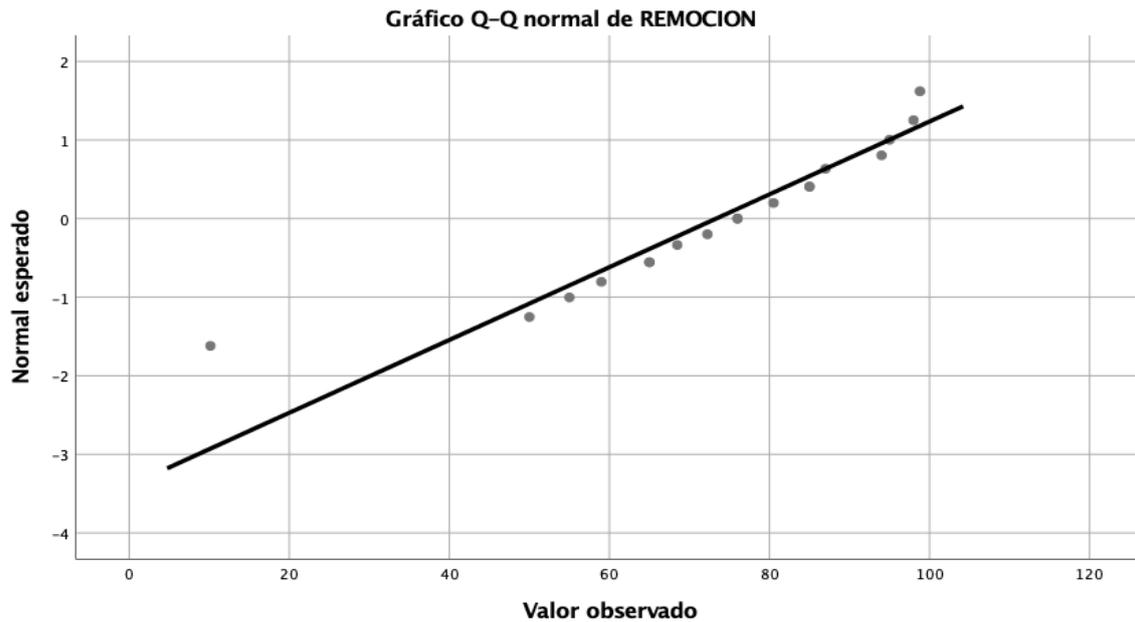


Gráfico 6. Normalidad para la remoción de hidrocarburos

Como se observa en la Tabla nº 7 y el Grafico nº 6, se muestran datos procesados, en el cual, se determina que los datos ingresados para la remoción, no presentan una distribución normal, esto indica que son datos no paramétricos, entonces podemos realizar el estadístico de Chi- Cuadrado.

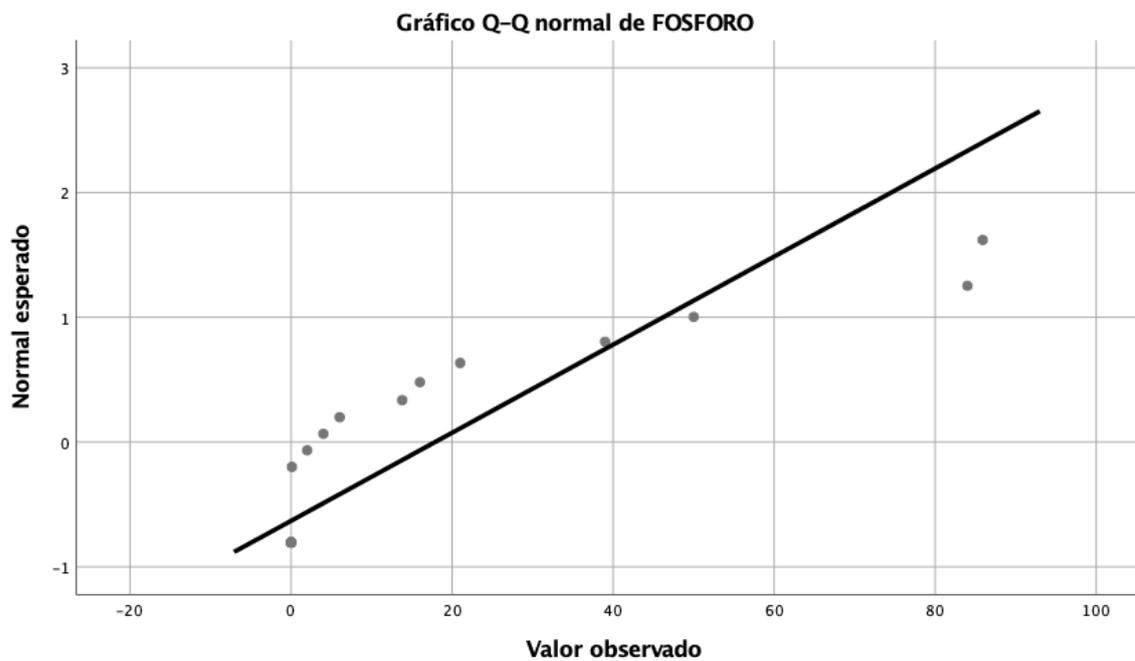


Gráfico 7. Normalidad para el Fósforo

Como se observa en la Tabla n° 7 y el Grafico n° 7, se muestran datos procesados, en el cual, se determina que los datos ingresados para el fosforo, no presentan una distribución normal, esto indica que son datos no paramétricos, entonces podemos realizar el estadístico de Chi- Cuadrado.

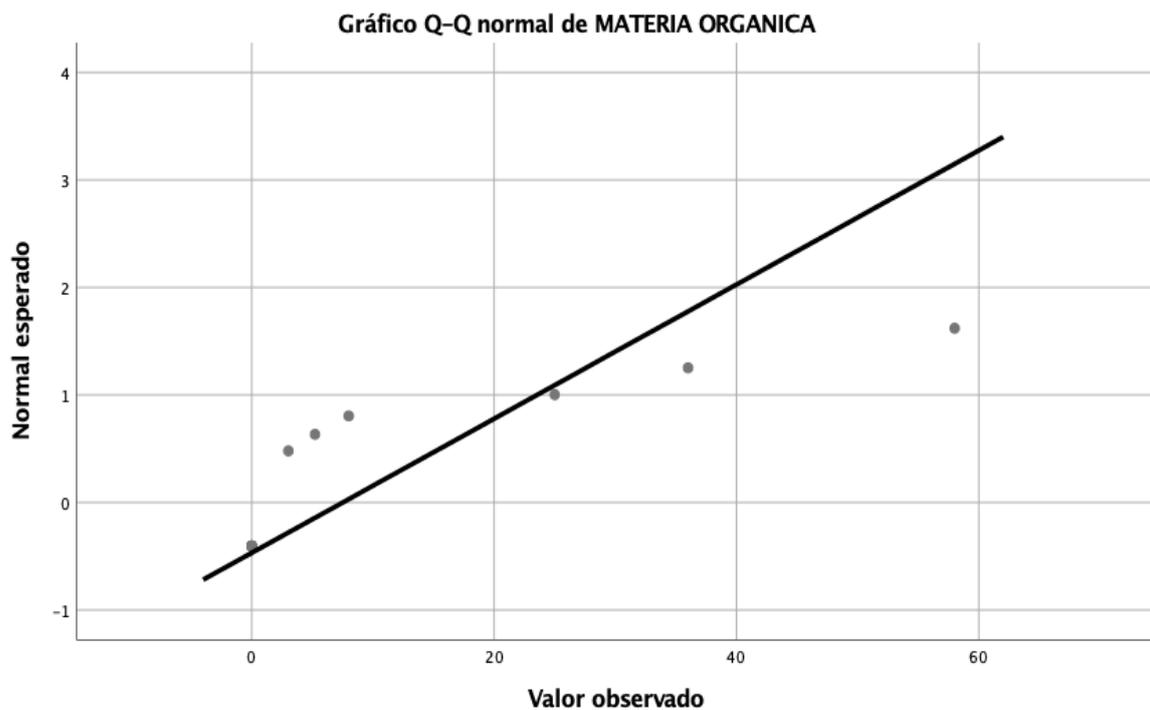


Gráfico 8. Normalidad para la Materia Orgánica

La Tabla n° 7 y el Grafico n° 8, se determina que los datos ingresados para la materia orgánica, no presentan una distribución normal, esto indica que son datos no paramétricos, entonces podemos realizar el estadístico de Chi- Cuadrado. De tal manera, el estadístico Chi Cuadrado nos ayuda a determinar si existe dependencia o no en las muestras, así como si existe vínculos entre ellos.

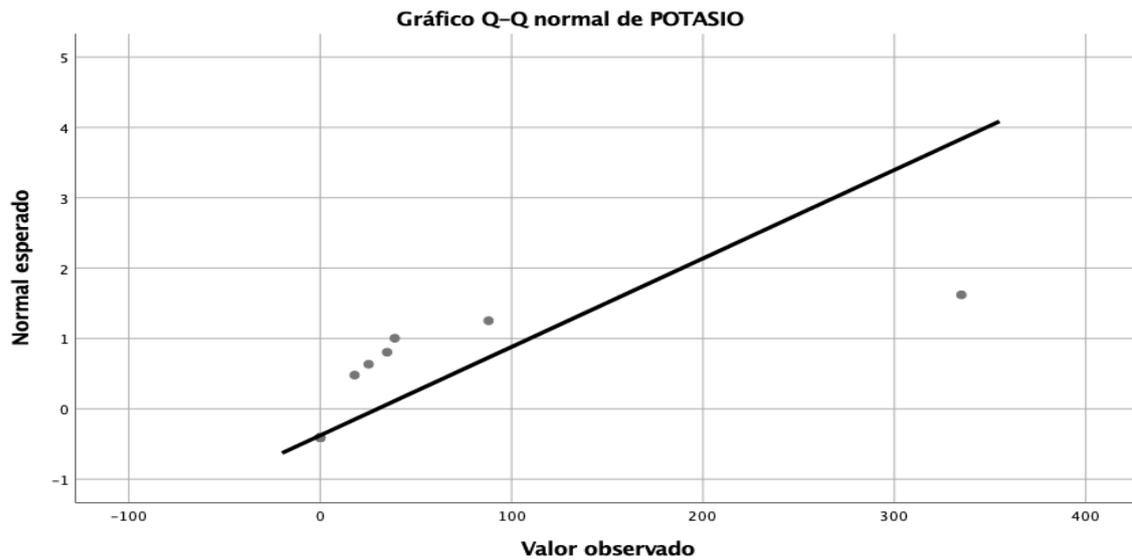


Gráfico 9. Normalidad para el Potasio

Como se observa en la Tabla nº 7 y el Grafico nº 9, se muestran datos procesados, en el cual, se determina que los datos ingresados para el potasio, no presentan una distribución normal, esto indica que son datos no paramétricos, entonces podemos realizar el estadístico de Chi- Cuadrado.

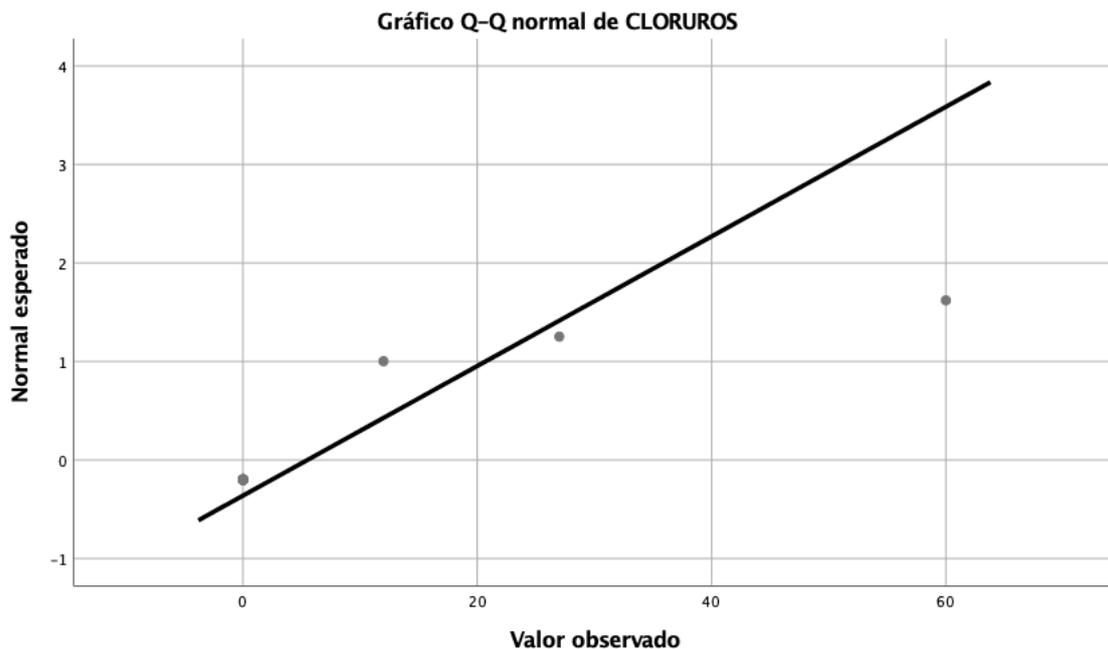


Gráfico 10. Normalidad para los Cloruros

La Tabla nº 7 y el Grafico nº 10, se determina que los datos ingresados para los cloruros, no presentan una distribución normal, esto indica que son datos no paramétricos, entonces podemos realizar el estadístico de Chi- Cuadrado. De tal manera, el estadístico Chi Cuadrado nos ayuda a determinar si existe dependencia o no en las muestras, así como si existe vínculos entre ellos.



Gráfico 11. Remoción de Hidrocarburos

El Gráfico de columnas de remoción de hidrocarburos nos muestra que la investigación de Castillo (2009) obtuvo el mayor porcentaje de remoción de hidrocarburos en comparación a las demás investigaciones, obteniendo un 98,8%. Asimismo, se destaca la eficacia teniendo en consideración que su concentración inicial de TPH fue de 85000 ppm y su concentración final fue de 1000 ppm. En su estudio aplicó la técnica de Landfarming e hizo uso de bacterias: *micrococcus spp*, *bacillus spp*, *staphylococcus spp*, *pseudomonas spp*, *predominio P. aeruginosa*, *Pseudomonas grupo florescente* y *enterobacter spp*, durante 5 meses en el que tardó el tratamiento.

Por otro lado, Zhang, Zhang y Zhang (2019) obtuvieron el menor porcentaje de remoción logrando remover solo un 42% de TPH presentes en un área de campo agrícola, siendo concentración inicial de TPH 47700 ppm y luego de aplicar la Biorremediación con biocarbón en bioaumentación y bioestimulación en período de 2 meses obtuvo una concentración final de 27666, haciendo uso solo de la bacteria *Microbacterium*.



Gráfico 12. Tiempo experimental

El gráfico 12 de columnas nos muestra el período de las investigaciones de cada autor, destacando el tiempo de estudio de Xia et al. (2020) los cuales tuvieron una duración de 1826 días y una eficacia de 98,3%, situándose en el segundo lugar de las 22 investigaciones con su tratamiento por Fitorremediación asistida por bioaumentación haciendo uso solo de bacterias *Pseudomonas sp.*, *Serratia Proteamaculans*, *Alcaligenes sp.*, *Bacillus spp.*

Por otra parte, Bedoya y Estupiñan (2018) realizaron su estudio en un período de 10 días, siendo este el más corto en comparación con las demás investigaciones. Asimismo, su eficacia de remoción de TPH fue de 62%, siendo un valor aceptable si se toma en cuenta que su concentración inicial de TPH fue de 40000 ppm y su concentración final 15200 luego de haber aplicado hongos (*Neosartorya sp.*, *Aspergillus sp.* y *Rhizomucor sp.*) en la técnica de Landfarming.

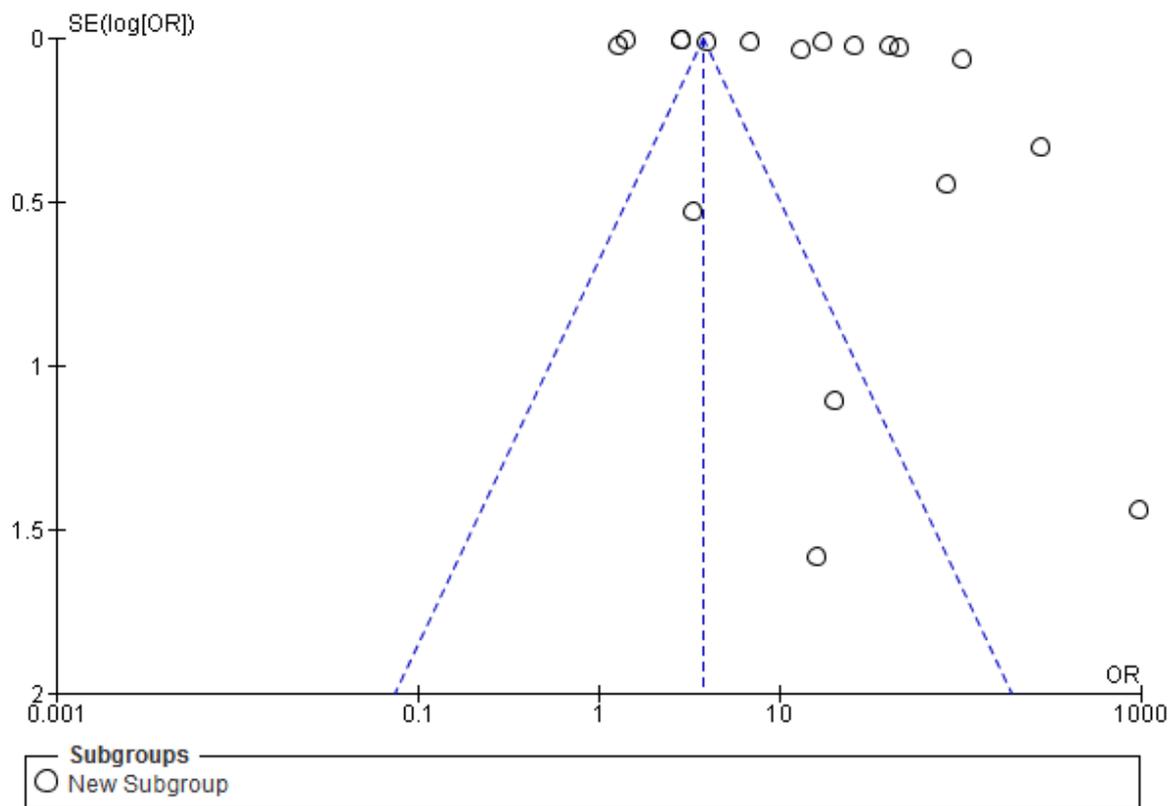


Gráfico 13. Funnel Plot

El gráfico 13 de Funnel Plot nos muestra que los estudios están fuera de la simetría que garantiza la inexistencia de sesgo de publicaciones. Por lo tanto, el resultado del metaanálisis será una sobreestimación del efecto real de la intervención evaluada. Bolaños (2014) describe al sesgo de publicación como la publicación o no de los datos obtenidos en un estudio de investigación científica, representando un riesgo para la validez de cualquier Metaanálisis.

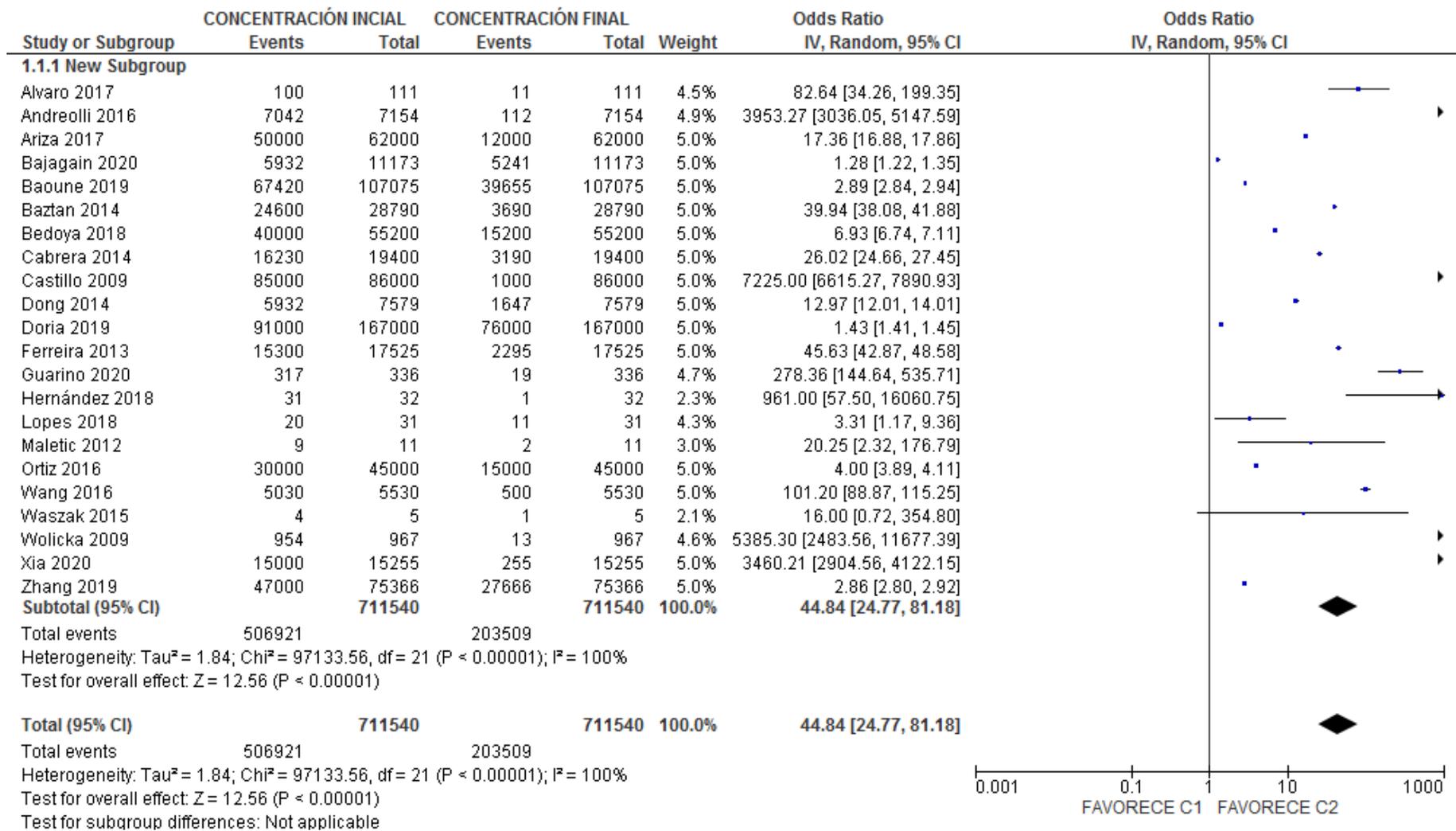


Gráfico 14. Forest Plot

En el gráfico 14 de Forest Plot, se aprecian los veintidós estudios seleccionados que detallan las concentraciones iniciales y finales para determinar si todos demuestran que la aplicación de microorganismos aerobios fue el principal responsable para remediar los distintos tipos de suelos contaminados, esto a partir del valor de Odds Ratio obtenido en el gráfico de Forest Plot. Asimismo, se analizó hasta qué punto los resultados de los diferentes estudios pueden combinarse en una única medida la heterogeneidad a través del valor de  $I^2$ .

De tal manera, para la realización de una adecuada interpretación de la Razón de momio, la cual evalúa el efecto del tratamiento (protección o riesgo) en una población, se tomó en consideración los siguientes intervalos:

Odds Ratio < 1: El agente contaminante presenta mayores concentraciones

Odds Ratio > 1: El agente contaminante presenta menores concentraciones

Odds Ratio = 1: El agente contaminante no presenta ninguna variación

De acuerdo al Odds Ratio, el cual presentó un valor de 44,84, manifiesta que el agente contaminante presenta menores concentraciones al aplicar el tratamiento con microorganismos.

Respecto a los valores de peso (weight) de las investigaciones incluidas, ninguna de las investigaciones domina el metaanálisis, ya que ninguna investigación recibe la mayor parte de ponderación de los resultados.

Las investigaciones incluidas demostraron una heterogeneidad estadística considerable ( $I^2 = 100\%$ ;  $p < 0,0001$ ). Por lo tanto, el metaanálisis no se puede concluir.

## V. DISCUSIÓN

Las 22 investigaciones dan cuenta la síntesis de sus resultados. Mediante la revisión sistemática se pudo establecer que, las concentraciones más altas de hidrocarburos de petróleo presentes en cada tratamiento no influyeron sobre la disminución del porcentaje de remoción de los derivados de hidrocarburos de petróleo. Asimismo, el porcentaje de remoción de hidrocarburos se da por condiciones ambientales apropiadas para que los microorganismos se desarrollen adecuadamente y realicen la tarea de remoción.

Los tipos de hidrocarburos presentes en las investigaciones fueron los siguientes: Isómeros Hexaclorociclohexanos (HCH), Hidrocarburos Aromáticos Políclicos (HAP), aceites, diésel, gasoil, etc., siendo estos últimos considerados dentro de los Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH).

De acuerdo con los resultados obtenidos en el gráfico de Forest Plot procesados en el Review Manager 5.4 se obtuvo el valor más alto de heterogeneidad, representado por  $I^2 = 100\%$  lo cual pronostica que los valores finales de un posterior Metaanálisis sufrirán un cambio sustancial debido a que los estudios de similar peso se mueven en direcciones opuestas. Oliveros (2015) manifiesta que en un metaanálisis es muy importante el valor de heterogeneidad, de igual manera, este no debe exceder el 50% de lo contrario pueden llevar a resultados muy diferentes y comprometer los resultados del Metaanálisis.

En ese mismo contexto, se evaluó el sesgo de publicación para determinar la validez del metaanálisis en base a los distintos estudios incluidos en la investigación, a través del gráfico de Funnel Plot confirmando mediante la distribución asimétrica del embudo la existencia de un posible riesgo de sesgo sobre todo por los valores de concentraciones de hidrocarburos los cuales son muy distantes, logrando que la nube de puntos estén fuera del embudo, sin embargo, no es un determinante, para no concluir una revisión sistemática, pero si para el de un metaanálisis. Bolaños (2014) menciona que, de existir un sesgo de publicación, de los estudios de menor tamaño muestral en la realización de un metaanálisis, solo se publicarían aquellos que encontrasen diferencias significativas entre los

grupos, de forma que la nube de puntos aparecería deformada en uno o ambos extremos.

Por ello, solo se puede desarrollar la revisión sistemática cuantitativa sin metaanálisis apoyada de la estadística descriptiva e inferencial.

Por otro lado, la prueba estadística de Shapiro wilk mostró un valor de Sig < 0,05 aceptando la hipótesis alterna la cual determina que no existe una distribución normal, lo que indica que mientras los valores de un autor sean distantes del resto no existirá una distribución normal. Sin embargo, si se pudo comparar la eficacia de la aplicación de microorganismos aerobios para la remoción de hidrocarburos de las 22 investigaciones a través de los instrumentos utilizados en la investigación, por lo tanto, Castillo (2009) obtuvo el mayor porcentaje de remoción aplicando la técnica de Landfarming y utilizando bacterias *Micrococcus spp*, *Bacillus spp*, *Staphylococcus spp*, *Pseudomonas spp*, *P. aeruginosa*, *Pseudomonas grupo florescente* y *Enterobacter spp*. en un suelo agrícola, logrando remover el 98,8% de HTP en un período de 5 meses. Asimismo, el mínimo porcentaje de remoción de HTP lo obtuvieron Zhang, Zhang y Zhang (2019) siendo este de 42% en un área de campo durante 60 días aplicando la técnica de biocarbón en bioaumentación y bioestimulación con la bacteria *Microbacterium*. En tal sentido, ambos presentaron condiciones ambientales muy distintos, Castillo (2009) realizó su experimento con 10% de humedad, mientras que Zhang, Zhang y Zhang (2019) lo realizaron en condiciones más húmedas (70% de humedad) a pesar de que su temperatura fuese de 30°C. Es así como las condiciones ambientales, las técnicas de biorremediación empleadas y el microorganismo aerobio usado fueron los determinantes para obtener resultados tan distantes a pesar de que sus concentraciones iniciales de HTP, HAP o HCH no fueron tan distintas.

Xia et al. (2020) desarrollaron su estudio en 1826 días siendo este el mayor periodo en comparación con los demás autores, a pesar de ello fue el segundo con el mayor porcentaje de remoción con 98,3%, teniendo en cuenta que se realizó la técnica de fitorremediación asistida por bioaumentación en un suelo de una dependencia de manejo de residuos sólidos, haciendo uso en la bioaumentación

de bacterias como: *Pseudomonas sp.*, *Serratia Proteamaculans*, *Alcaligenes sp.*, *Bacillus sp.*

Asimismo, la mayoría de los microorganismos aerobios empleados en las técnicas de biorremediación fueron nativos propios de la nación de cada autor, siendo los más empleados las especies de *Pseudomonas spp.*, por Bajagain, Gautam y Jeong (2020), Xia et al. (2020), Guarino et al. (2020), Doria (2018), Lopes et al. (2018), Waszak et al. (2015), Castillo (2009) y Wolicka et al. (2009), seguidos de los *Bacillus spp.*, por 4 autores, entre otros. Así pues, también fueron empleados hongos como *Neosartorya sp.*, *Aspergillus sp.*, *Rhizomucor sp.*, y *G. intraradices*, pero sólo por 3 autores, siendo Bedoya y Estupiñan (2018) los únicos que utilizaron solo hongos en su estudio logrando un 62% de remoción de HTP en un período de 10 días, el tiempo más corto en comparación con los demás estudios. En consecuencia, la eficacia de un tipo de microorganismo aerobio no es determinante debido a que muchos de ellos fueron empleados en cultivos mixtos obteniendo valores medios y altos según experimento de cada autor.

Las condiciones ambientales cumplieron un rol muy importante frente al desarrollo de los distintos microorganismos aerobios empleados dentro de las técnicas de biorremediación. De tal manera, el promedio de los parámetros de los distintos estudios fue: pH 6,9, Humedad 32%, y Temperatura 27,5%. Así pues, los mejores resultados se obtuvieron en condiciones secas y con temperaturas mayores al promedio indicado, así como en pH lo más cerca al neutro, debido a que en esas condiciones fue mejor el desarrollo de los microorganismos aerobios logrando biodegradar más ppm de HTP, HCH y HAP respectivamente, viéndose reflejado en las concentraciones finales de los experimentos y los porcentajes de remoción.

Las técnicas de biorremediación empleadas en los distintos estudios fueron siete: Landfarming, Fitorremediación asistida por bioaumentación, Biorremedación con biocarbón en bioaumentación y bioestimulación, Biodegradación asistida, Biorremediación convencional (aireación, laboreo y humectación), Biorremediación con adición de tallos de algodón, y Electro biorremediación, siendo la técnica de Landfarming el más usado de los investigadores (9 estudios) y la de valores

regulares y altos de porcentajes de remoción de hidrocarburos, pero, si de eficacia se trata, la técnica de Fitorremediación asistida por bioaumentación fue la que obtuvo mejores resultados en comparación con la regularidad que se muestran en los resultados por la demás técnicas empleadas, teniendo en cuenta que, Xia et al. (2020) mostró una eficacia del 98,3%, Guarino et al. (2020) 94%, y Dong et al. (2014) 72,24%. Por otra parte, la Biodegradación asistida fue la que obtuvo valores muy bajos que demuestran una baja eficacia de la técnica, mostrado a través de Baoune et al. (2019) 59%, Doria (2018) 65%, Lopes et al. (2018) 55%, Ortiz et al. (2016) 50%, y Waszak et al. (2015) 65%, siendo solo Wolicka et al. (2009) el único autor que obtuvo una eficacia considerable del 87% en comparación a los demás que usaron la misma técnica. Igualmente, la técnica de biorremediación con biocarbón en bioaumentación y bioestimulación obtuvo el valor más bajo de eficacia con Zhang, Zhang y Zhang (2019) 42%. Por otra parte, las técnicas de biorremediación nuevas como la Electrobiorremediación y la Biorremediación con adición de tallos de algodón obtuvieron valores considerables a pesar de no ser conocidas dentro de las demás técnicas de biorremediación convencionales, siendo estos valores demostrados en los estudios de Baztan et al. (2015) 85%, y Wang et al. (2016) 68,5%.

En virtud de los resultados, la presente Revisión Sistemática desprende que en los últimos 11 años las investigaciones han ampliado sus horizontes a una amplia gama de técnicas y tratamientos para la biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos y derivados de petróleo, que han determinado su eficacia junto con los tradicionales. De acuerdo a la investigación, se manifestó evidencia científica suficiente para afirmar que las concentraciones máximas tolerables para cada microorganismo aerobio, son un factor importante para que el microorganismo sea útil para degradar grandes cantidades de HAP, HCH y HTP. Ello debido a que cada microorganismo requiere de condiciones ambientales específicas, según la dosificación en medio a tratar, para aumentar su capacidad como biodegradante. Pues, en climas extremos sería complicado que el microorganismo pueda desarrollarse.

## VI. CONCLUSIONES

1. La revisión sistemática estableció que las condiciones ambientales fueron determinantes para el desarrollo de los microorganismos aerobios, siendo el clima seco el que impulsó rápidamente su crecimiento. Por ello, los autores se enfocaron en tener las condiciones ambientales óptimas según el microorganismo empleado siendo el promedio de los parámetros los siguientes: pH 6,9; Humedad 32%; y Temperatura 27,5%. Así pues, los mejores resultados se obtuvieron en condiciones secas y con temperaturas mayores al promedio indicado, así como el valor de pH lo más cerca al neutro, logrando que los microorganismos aerobios puedan biodegradar más HTP, HCH y HAP.
2. La revisión sistemática identificó que el 90% de las causas de suelos contaminados por hidrocarburos fueron por actividades como: uso de pesticidas en terrenos agrícolas, depósito final de lodos residuales, derrames de aceites, almacén de combustibles, entre otros, siendo el 10% suelo contaminado intencionalmente para ser tratado dentro de un laboratorio. Asimismo, se identificó los parámetros químicos y biológicos medidos durante el tratamiento, así como, las concentraciones iniciales y finales de HTP, HCH, y HAP respectivamente, comparando a través de tablas y gráficos la eficacia obtenida por cada autor en base a sus resultados.
3. La revisión sistemática determinó que el tipo de técnica de biorremediación apropiado es variable, ya que, este depende de muchos factores como: determinación de tipo de Suelo, determinación de textura de suelo, valoración de área accesible o no accesible, identificación de contaminante y condiciones de la muestra, complementándose con los tipos de microorganismos y las condiciones ambientales donde estos se desarrollarán.

4. Los porcentajes de remoción de HTP, HCH, y HAP demuestran la eficacia obtenida de la aplicación de microorganismos aerobios para la biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos, sobresaliendo 14 estudios de los 22 existentes debido a que pasaron el 70% de remoción de hidrocarburos, no obstante, los estudios restantes no bajaron el 50%. Asimismo, el alto valor de heterogeneidad que excedió el 50% determinó la no realización de un metaanálisis luego de la revisión sistemática debido a que aumenta el riesgo de que los valores finales de dicho metaanálisis sufran un cambio sustancial por los estudios de similar peso que se mueven en direcciones opuestas.

## **VII. RECOMENDACIONES**

- Utilizar una escala de calidad que pueda adaptarse de mejor manera al tipo de investigación en desarrollo. Para el caso de la presente investigación se adaptó la escala Newcastle Ottawa, sin alterar drásticamente su estructura, de acuerdo a los objetivos del estudio.
- Realizar más revisiones sistemáticas de temas que involucren la calidad del medio ambiente, ya sea, a modo de prevención, mitigación o restauración.
- Usar valores homogéneos no muy distantes el uno de otro al momento de introducir y procesar los datos en el programa Review Manager 5.4, debido a que es un factor determinante de la heterogeneidad del estudio y la culminación de un metaanálisis. Por ello, es importante considerar dichos valores en la etapa de tamizaje, es decir, al incluir y excluir los estudios finales para la revisión sistemática.

## REFERENCIAS

AGUDO, A. Los Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos ( HAP ): Acercamiento a su problemática como riesgo laboral. *Secretaría de Salud y medio ambiente MCA-UGT* [en línea]. 2018. [Fecha de consulta: 16 de septiembre 2020]. Disponible en: [www.ugt.es/saludlaboral/Hidrocarburos.pdf](http://www.ugt.es/saludlaboral/Hidrocarburos.pdf)?

AGUILERA, R. Carta al director: ¿Revisión sistemática, revisión narrativa o metaanálisis? *Rev. Soc. Esp. del Dolor*, vol. 21, no. 6, pp. 528-529. 2004. [Fecha de consulta: 21 de septiembre del 2020]. ISSN 00019704. DOI 10.1016/j.angio.2016.01.002.

ANDREOLLI, M., ALBERTARELLI, N., y LAMPIS, S. Bioremediation of diesel contamination at an underground storage tank site: a spatial analysis of the microbial community. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, vol. 32, no. 1, pp. 1-12. 2016. [Fecha de consulta: 22 de octubre del 2020]. ISSN 15730972. DOI 10.1007/s11274-015-1967-2.

ARIZA, C. y MEJÍA, S. *Optimización Del Proceso De Landfarming Para Mejorar La Funcionalidad Del Tratamiento De Suelos Contaminados Con Hidrocarburos Mediante La Adición De Materia Orgánica* [en línea]. 2017. [Fecha de consulta: 23 de septiembre del 2020]. Disponible en: [http://www.nperci.org/C. Ariza & S. Mejía-Optimización del proceso de landfarming-V14N3.pdf](http://www.nperci.org/C.Ariza%20y%20S.Mej%C3%ADa-Optimizaci%C3%B3n%20del%20proceso%20de%20landfarming-V14N3.pdf).

BACA, K. Guía Para Elaborar La Tesis Universitaria Escuela De Posgrado. , pp. 150.

BAJAGAIN, R., GAUTAM, P. y JEONG, S. Biodegradation and post-oxidation of fuel-weathered field soil. *Science of the Total Environment* [en línea], vol. 734, pp. 139452. 2020. [Fecha de consulta: 24 de octubre del 2020]. ISSN 18791026. DOI 10.1016/j.scitotenv.2020.139452. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139452>.

BAOUNE, H., APARICIO, J.D., y POLTI, M.A., 2019. Bioremediation of petroleum-contaminated soils using *Streptomyces* sp. Hlh1. *Journal of Soils and Sediments*, vol. 19, no. 5, pp. 2222-2230. ISSN 16147480. DOI 10.1007/s11368-019-02259-w.

BAZTAN, M.S., PUCCI, O.H. y PUCCI, G.N., 2015. Electrobiorremediation of a soil with an old hydrocarbon contamination. *Acta Biologica Colombiana*, vol. 20, no. 2, pp. 145-152. ISSN 1900-1649. DOI 10.15446/abc.v20n2.45257.

BEDOYA, C. y ESTUPIÑAN, B. Evaluación in vitro de la capacidad biorremediadora de hongos filamentosos sobre petróleo crudo. *Nova*, vol. 16, no. 30, pp. 37-58. 2018. [Fecha de consulta: 24 de octubre del 2020]. ISSN 1794-2470. DOI 10.22490/24629448.2834.

BOLAÑOS, R., 2014. Introducción al meta-análisis tradicional. , vol. 34, no. 1, pp. 45-51.

CABRERA JARA, M.F., 2013. Estudio de dos tratamientos a escala piloto para la biodegradación de suelos contaminados por hidrocarburos por el método de landfarming. , vol. 34, no. 1, pp. 212.

CASTILLO, P., 2009. Aplicación De La Técnica De Landfarming Para La Remediación De Suelos Contaminados Con Hidrocarburos.

CORIOLOANO, A. y FILHO, M.C. de M., 2016. Biorremediação, Uma Alternativa Na Utilização Em Áreas Degradadas Pela Indústria Petrolífera. *Holos*, vol. 7, pp. 133. ISSN 1807-1600. DOI 10.15628/holos.2016.4278.

DONG, R., GUO, C., y LIU, J., 2014. Effect of PGPR *Serratia marcescens* BC-3 and AMF *Glomus intraradices* on phytoremediation of petroleum contaminated soil. *Ecotoxicology*, vol. 23, no. 4, pp. 674-680. ISSN 15733017. DOI 10.1007/s10646-014-1200-3.

DORIA ARGUMEDO, C.J., 2018. Degrasacion de Residuos Provenientes de Actividad Petrolera en la Gajira Colombia. , vol. 14, no. 26, pp. 42-51.

FERREIRA, T.C., SANTOS, F.J. y PESSOA ,F., 2013. Biorremediación de un suelo tropical contaminado con residuos aceitosos intemperizados. *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental*, vol. 29, no. 1, pp. 21-28. ISSN 01884999.

FRANCHI, E., AGAZZI, G., y PETRUZZELLI, G., 2016. Exploiting Hydrocarbon-Degrading Indigenous Bacteria for Bioremediation and Phytoremediation of a Multicontaminated Soil. *Chemical Engineering and Technology*, vol. 39, no. 9, pp. 1676-1684. ISSN 15214125. DOI 10.1002/ceat.201500573.

GILAVAND, F., EBRAHIMPOUR, G. y KARKHANE, M., 2016. Investigation of hydrocarbon bio-removal by the indigenous bacteria isolated from crude oil contaminated soils. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, vol. 05, no. 03, pp. 212-215. 2016. [Fecha de consulta: 24 de octubre del 2019]. ISSN 1338-5178. DOI 10.15414/jmbfs.2015/16.5.3.212-215.

GONZÁLEZ, J.A., COBO, E. y VILLARÓ, M., 2014. Tema 15. Revisión sistemática y meta-

análisis. *Bioestadística para no estadísticos*, pp. 1-42.

GUARINO, C., MARZIANO, M., y SCIARRILLO, R. Poaceae with PGPR bacteria and arbuscular mycorrhizae partnerships as a model system for plant microbiome manipulation for phytoremediation of petroleum hydrocarbons contaminated agricultural soils. *Agronomy*, vol. 10, no. 4, pp. 1-17. 2020. [Fecha de consulta: 24 de octubre del 2020]. ISSN 20734395. DOI 10.3390/agronomy10040547.

HERNÁNDEZ, A. y DUSSÁN, J., 2018. Lysinibacillus sphaericus proved to have potential for the remediation of petroleum hydrocarbons. *Soil and Sediment Contamination* [en línea], vol. 27, no. 6, pp. 538-549. ISSN 15497887. DOI 10.1080/15320383.2018.1490888. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/15320383.2018.1490888>.

HERNANDEZ SAMPIERI, R., FERNANDEZ COLLADO, C. y BAPTISTA LUCIO, M. del P. *Definición del alcance de la investigación a realizar: exploratoria, descriptiva, correlacional o explicativa* [en línea]. 2010. [Fecha de consulta: 14 de octubre del 2020].

ISBN 9786071502919. Disponible en: <http://www.casadellibro.com/libro-metodologia-de-la-investigacion-5-ed-incluye-cd-rom/9786071502919/1960006>.

JHO, E.H., RYU, H., SHIN, D., KIM, Y.J., CHOI, Y.J. y NAM, K., 2014. Prediction of landfarming period using degradation kinetics of petroleum hydrocarbons: Test with artificially contaminated and field-aged soils and commercially available bacterial cultures. *Journal of Soils and Sediments*, vol. 14, no. 1, pp. 138-145. ISSN 14390108. DOI 10.1007/s11368-013-0786-z.

JOURNAL, B. Characterization of pyrene utilizing. , pp. 606-617. 2012.

LEAL, P., DADALTO, S., y TÓTOLA, M. Enrichment of population density of a bacterial consortium during bioremediation of a soil under successive contaminations with diesel oil. *Acta Scientiarum - Biological Sciences*, vol. 40, no. 1. 2018. [Fecha de consulta: 24 de octubre del 2020]. ISSN 1807863X. DOI 10.4025/actascibiolsci.v40i1.36904.

JIMÉNEZ, A., GUERRERO, A., y ZAVALA, A., 2011. EXTRACCIÓN DE HIDROCARBUROS Y COMPUESTOS DERIVADOS DEL PETROLEO EN SUELOS CON CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DIFERENTES Removal of oil and petroleum compounds from soils with different physical and chemical characteristics. *Universidad y Ciencia*, vol. 27, no. 1, pp. 1-15.

MALETIĆ, S., WATSON, M., TUBIĆ, A. y PEROVIĆ, S.U., 2012. Characterisation of weathered petroleum hydrocarbons during a landfarming bioremediation study. *Journal of the Serbian Chemical Society*, vol. 77, no. 11, pp. 1671-1685. ISSN 03525139. DOI 10.2298/JSC120430072M.

MICLE, V., SUR, I.M., CRISTE, A., SENILA, M., LEVEL, E., MARINESCU, M., CRISTOREAN, C. y ROGOZAN, G.C., 2018. Lab-scale experimental investigation concerning ex-situ bioremediation of petroleum hydrocarbons-contaminated soils. *Soil and Sediment Contamination* [en línea], vol. 27, no. 8, pp. 692-705. ISSN 15497887. DOI 10.1080/15320383.2018.1503229. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/15320383.2018.1503229>.

NAKATANI, A., SIQUEIRA, J., SOARES, C. y LAMBAIS, M. Comunidades microbianas, atividade enzimática e fungos micorrízicos em solo rizosférico de «Landfarming» de resíduos petroquímicos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, vol. 32, no. 4, pp. 1501-1512. 2008. [Fecha de consulta: 24 de octubre del 2019]. DOI 10.1590/s0100-06832008000400014.

OLIVEROS, H., 2015. Revista Colombiana de Anestesiología mejor aliada ? Heterogeneity in meta-analyses : our greatest ally ? *Revista Colombiana de Anestesiología*, vol. 3, no. 3, pp. 176-178.

ORTÍZ-MAYA, J., ESCALANTE-ESPINOSA, E., FÓCIL-MONTEERRUBIO, R.L., RAMÍREZ-SAAD, H.C. y DÍAZ RAMÍREZ, I.J., 2017. Dinámica de poblaciones bacterianas y actividad deshidrogenasa durante la biorremediación de suelo recién contaminado e intemperizado con hidrocarburos. *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental*, vol. 33, no. 2, pp. 237-246. ISSN 01884999. DOI 10.20937/RICA.2017.33.02.05.

PEREIRA, R., MARTÍNEZ, M., y MACÍAS, F., 2008. El hexaclorociclohexano en Galicia : Algunos datos sobre producción , uso y contaminación . E-mail contacto : roberto.calvelo@usc.es EL HEXACLOROCICLOHEXANO ( HCH ) Qué es el hexaclorociclohexano El hexaclorociclohexano ( HCH ) es una sustancia artifici. , vol. 15.

RIESCO, R. y VALLÈS, C., 2012. Recuperación de suelos contaminados. [en línea], pp. 248. Disponible en: <http://www.jaravalencia.com/docu/suelconthidroc.pdf>.

RUBINOS, D., VILLASUSO, R., BARRAL, M.. y DÍAZ-FIERROS, F., 2008. Biocorrección De Suelos Contaminados Con Isómeros De Hexaclorociclohexano Mediante Técnicas De Landfarming Y Biopilas. *EDAFOLogía* [en línea], vol. 15 (1, no. January. Disponible en:

[https://www.researchgate.net/publication/292144344\\_Biocorreccion\\_de\\_suelos\\_contaminados\\_con\\_isomeros\\_de\\_hexaclorociclohexano\\_mediante\\_tecnicas\\_de\\_landfarming\\_y\\_biopilas](https://www.researchgate.net/publication/292144344_Biocorreccion_de_suelos_contaminados_con_isomeros_de_hexaclorociclohexano_mediante_tecnicas_de_landfarming_y_biopilas).

SILVA, G., UAD, I., RODRÍGUEZ, A., y CALVO, C., 2015. Response of autochthonous microbiota of diesel polluted soils to land-farming treatments. *Environmental Research* [en línea], vol. 137, pp. 49-58. ISSN 10960953. DOI 10.1016/j.envres.2014.11.009. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envres.2014.11.009>.

SOUZA, T., HENCKLEIN, F., ANGELIS, D., GONÇALVES, R., y FONTANETTI, C.S., 2009. The Allium cepa bioassay to evaluate landfarming soil, before and after the addition of rice hulls to accelerate organic pollutants biodegradation. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, vol. 72, no. 5, pp. 1363-1368. ISSN 01476513. DOI 10.1016/j.ecoenv.2009.01.009.

TORTORA, G., FUNKE, B. y CASE, C. El mundo microbiano y usted. *Introducción a la Microbiología* [en línea], pp. 1-26. 2007 [Fecha de consulta: 24 de octubre del 2020]. Disponible en: <https://www.mendeley.com/catalogue/el-mundo-microbiano/>.

UNIVERSIDAD DE NAVARRA. Los microbios que te rodean. *Curso Mocc* [en línea], pp. Miriadax. 2015 [Fecha de consulta: 24 de octubre del 2020]. Disponible en: <https://miriadax.net/web/los-microbios-que-te-rodean-2-edicion-/inicio?timestamp=>.

VARA, A., 2008. La tesis de maestría en educación. , vol. Tomo I, pp. 357.

VIÑAS, M. y SOLANAS, A., 2005. Biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos : caracterización microbiológica , química y ecotoxicológica hidrocarburos : caracterización microbiológica , química y ecotoxicológica. *Universitat de Barcelona* [en línea], pp. 352. Disponible en: <http://www.tdx.cesca.es/TDX-0920105-085623/>.

WANG, G., SUN, N., y GANESH, I. *Applied Catalysis A: General* [en línea]. 2013. vol. 58, no. 2, pp. 15-22. [Fecha de consulta: 24 de octubre del 2020]. ISSN 0926860X. DOI 10.1179/1743280412Y.0000000001. Disponible en: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1179/1743280412Y.0000000001><http://dx.doi.org/10.1016/j.arabjc.2012.10.004><http://dx.doi.org/10.1016/j.molstruc.2008.08.025><http://dx.doi.org/10.1016/j.jascr.2013.08.006><http://dx.doi.org/10.1016/j.micromeso>.

WANG, S., WANG, X., ZHANG, C., LI, F. y GUO, G. Bioremediation of oil sludge contaminated soil by landfarming with added cotton stalks. *International Biodeterioration and Biodegradation* [en línea]. 2016. Vol. 106, pp. 150-156. [Fecha de consulta: 24 de

octubre del 2020]. ISSN 09648305. DOI 10.1016/j.ibiod.2015.10.014. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ibiod.2015.10.014>.

WASZAK, D., CUNHA, A., y SAMPAIO, C. Bioremediation of a Benzo[a]Pyrene-Contaminated Soil Using a Microbial Consortium with *Pseudomonas aeruginosa*, *Candida albicans*, *Aspergillus flavus*, and *Fusarium sp.* *Water, Air, and Soil Pollution* [en línea]. 2015. Vol. 226, no. 9. [Fecha de consulta: 14 de agosto del 2020]. ISSN 15732932. DOI 10.1007/s11270-015-2582-4. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/s11270-015-2582-4>.

WOLICKA, D., SUSZEK, A., y BIELECKA, A. Application of aerobic microorganisms in bioremediation in situ of soil contaminated by petroleum products. *Bioresource Technology* [en línea]. 2009. Vol. 100, no. 13, pp. 3221-3227. [Fecha de consulta: 22 de septiembre del 2020]. ISSN 09608524. DOI 10.1016/j.biortech.2009.02.020. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2009.02.020>.

XIA, M., CHAKRABORTY, R., y FU, D. Promotion of saltgrass growth in a saline petroleum hydrocarbons contaminated soil using a plant growth promoting bacterial consortium. *International Biodeterioration and Biodegradation* [en línea]. 2020. Vol. 146, no. August 2019, pp. 104808. [Fecha de consulta: 23 de octubre del 2020].ISSN 09648305. DOI 10.1016/j.ibiod.2019.104808. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2019.104808>.

ZHANG, B., ZHANG, L. y ZHANG, X. Bioremediation of petroleum hydrocarbon-contaminated soil by petroleum-degrading bacteria immobilized on biochar. *RSC Advances*, [en línea]. 2019. Vol. 9, no. 60, pp. 35304-35311. [Fecha de consulta: 24 de octubre del 2020]. ISSN 20462069. DOI 10.1039/c9ra06726d.

## ANEXOS

### Anexo 1. Declaratoria de autenticidad del autor



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

#### Declaratoria de Originalidad del Autor / Autores

Yo (Nosotros), PABLO HEBER VARGAS VALVERDE estudiante(s) de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA y Escuela Profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO, declaro (declaramos) bajo juramento que todos los datos e información que acompañan al Trabajo de Investigación / Tesis titulado: "REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LA APLICACIÓN DE MICROORGANISMOS AEROBIOS PARA LA BIORREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS POR HIDROCARBUROS DE PETRÓLEO Y SUS DERIVADOS", es de mi (nuestra) autoría, por lo tanto, declaro (declaramos) que el :

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. He (Hemos) mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicado ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo (asumimos) 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.

Apellidos y Nombres del Autor	Firma
PABLO HEBER VARGAS VALVERDE DNI: 72885624 ORCID 0000-0002-7751-3387	Firmado digitalmente por: PHVARGASV el 11 Dic 2020 22:10:16

Código documento Trilce:



## Anexo 2. Matriz de operacionalización de variables

VARIABLES		DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	UNIDAD
INDEPENDIENTE	Revisión sistemática de la aplicación de microorganismos aerobios	Los microorganismos aerobios son aquellas bacterias y hongos capaces de oxidar hidrocarburos o degradar petróleo, disolventes, pesticidas, etc., siempre y cuando las concentraciones de compuestos inorgánicos como el nitrógeno y fósforo sean las adecuadas para la estimación de su crecimiento en su aplicación para oxidar y degradar hidrocarburos (Universidad de Navarra, 2015).	La aplicación de microorganismos aerobios fue medida en base a dos aspectos: condiciones ambientales y, concentración microbiana, según mediciones obtenidas por las distintas investigaciones sistematizadas.	Condiciones ambientales	Temperatura Humedad pH	°C % 0-14
				Concentración microbiana	Bacterias Hongos	µfc/g
DEPENDIENTE	Biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos de petróleo y sus derivados	La biorremediación de suelos es una técnica de descontaminación que utiliza plantas o microorganismos, llevándose a cabo a través de los procesos in situ y/o ex situ, con el propósito de atenuar o recuperar contaminantes presentes en el ambiente y presentándose como una técnica de bajo costo y amigable con el medio ambiente en comparación con otros métodos (Coriolano y Filho, 2016).	Se determinó la biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos de petróleo y sus derivados bajo dos factores: parámetros químicos y biológicos y, porcentaje de remoción de hidrocarburos, según resultados obtenidos por las distintas investigaciones sistematizadas.	Parámetros químicos y biológicos	Nitrógeno Cloruros Potasio Fósforo Materia Orgánica	ppm ppm ppm ppm %
				Porcentaje de remoción de hidrocarburos	HCH TPH HAP	% % %

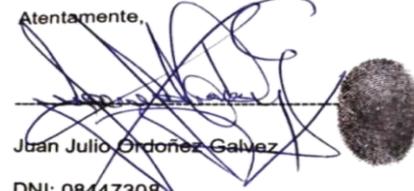
### Anexo 3. Matriz de consistencia

PROBLEMA GENERAL DE INVESTIGACIÓN	OBJETIVO GENERAL DE INVESTIGACIÓN	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES	DIMENSIONES	METODOLOGÍA
¿Es posible sistematizar y evaluar la eficacia de la aplicación de microorganismos aerobios para la biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos de petróleo y sus derivados a través de la revisión sistemática y metaanálisis?	Sistematizar y evaluar la eficacia de la aplicación de microorganismos aerobios para la biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos de petróleo y sus derivados a través de la revisión sistemática y metaanálisis si corresponde.	Mediante la revisión sistemática y metaanálisis se establecerá la eficacia de la aplicación de microorganismos aerobios para remediar suelos contaminados por hidrocarburos de petróleo y sus derivados depende del tipo de microorganismo empleado, así como las condiciones ambientales del lugar.	Aplicación de microorganismos aerobios V.I.	Condiciones ambientales Concentración microbiana	Enfoque: Cuantitativo Diseño: No experimental – Transeccional Descriptivo Tipo: Aplicada Población y Muestra: Artículos de investigación y tesis Instrumento: Fichas de recolección de datos
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS			
¿Cuáles son las condiciones ambientales y concentración microbiana útil para lograr la eficacia en la aplicación de microorganismos aerobios para la biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos de petróleo y sus derivados como resultado de la revisión sistemática y metaanálisis?	Identificar las condiciones ambientales y determinar la concentración microbiana útil para lograr la eficacia de la aplicación de microorganismos aerobios para la biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos de petróleo y sus derivados mediante la revisión sistemática y metaanálisis si corresponde.	Mediante la revisión sistemática y metaanálisis se establecerá las condiciones ambientales y la concentración microbiana determinan la eficacia de la aplicación de microorganismos aerobios para la biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos de petróleo y sus derivados.	Biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos de petróleo y sus derivados V.D.	Parámetros químicos y biológicos Porcentaje de remoción de hidrocarburos	
¿Cuáles son las causas de suelos contaminados, parámetros químicos y biológicos, y la concentración de hidrocarburos de petróleo y sus derivados como resultado de la revisión sistemática y metaanálisis?	Identificar la causa de suelos contaminados por hidrocarburos, sus parámetros químicos y biológicos, así como las concentraciones de hidrocarburos de petróleo y sus derivados mediante la revisión sistemática y metaanálisis si corresponde.	Mediante la revisión sistemática y metaanálisis se establecerá la causa de suelos contaminados por hidrocarburos principalmente de las actividades económicas involucradas en las muestras obtenidas por los distintos autores.			
¿Qué técnicas de biorremediación según los distintos estudios recopilados son las más apropiadas para la aplicación de microorganismos aerobios en suelos contaminados por hidrocarburos y sus derivados, como resultado de la revisión sistemática y metaanálisis?	Evaluar e identificar a través de la revisión sistemática las técnicas de biorremediación apropiadas para la aplicación de microorganismos aerobios en suelos contaminados por hidrocarburos de petróleo y sus derivados.	Mediante la revisión sistemática y metaanálisis se identificará las técnicas de biorremediación apropiadas para para la aplicación de microorganismos aerobios en suelos contaminados por hidrocarburos de petróleo y sus derivados.			



**ESCALA NEWCASTLE – OTTAWA MODIFICADA**

AUTOR(ES)	CRITERIOS DE SELECCIÓN			RESULTADOS		DATOS ESPECÍFICOS	
	CORTE DE ESTUDIOS	REPRESENTATIVIDAD	EXPOSICIÓN	PORCENTAJE DE REMOCIÓN	PERÍODO DE APLICACIÓN	TOXICIDAD	SEGUIMIENTO

 <b>Dr. Elmer G. Benites Alfaro</b> CIP 71998	Atentamente,  <b>Juan Julio Ordoñez Galvez</b> DNI: 08447308	 <b>Dr. Eusebio Horacio Acosta Suasnabar</b> CIP N° 25450
--	---	--





## Anexo 5. Validación de instrumento



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 1

**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. Benites Alfaro, Elmer
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente UCV
- 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha general de recolección de datos
- 1.4. Autor(A) de Instrumento: Vargas Valverde Heber

**ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

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

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación

Los requisitos para su aplicación los Requisitos para su aplicación

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

85%

Lima, 5 de octubre del 2020

  
 Dr. Elmer G. Benites Alfaro,  
 CIP. 71998  
 ORCID ID: 0000-0003-1504-2089  
 Scopus ID de autor: 57216176765  
 Web of Science Researcher ID: AAI-8644-2020



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 2

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. Benites Alfaro, Elmer  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente UCV  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Escala Newcastle - Ottawa modificada  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Vargas Valverde Heber

ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación

SI

Los requisitos para su aplicación los Requisitos para su aplicación

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

Lima, 5 de octubre del 2020

Dr. Elmer G. Benites Alfaro,  
 CIP: 71998  
 ORCID ID: 0000-0003-1504-2089  
 Scopus ID de autor: 57216176765  
 Web of Science Researcher ID: AAI-8644-2020



**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 3**

**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. Benites Alfaro, Elmer
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente UCV
- 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de parámetros en aplicación de microorganismos
- 1.4. Autor(A) de Instrumento: Vargas Valverde Heber

**ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

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

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación

 SI

Los requisitos para su aplicación los Requisitos para su aplicación

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

85%

Lima, 5 de octubre del 2020

  
 Dr. Elmer G. Benites Alfaro,  
 CIP. 71998  
 ORCID ID: 0000-0003-1504-2089  
 Scopus ID de autor: S7215176765  
 Web of Science Researcher ID: AAI-8644-2020



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 4

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. Benites Alfaro, Elmer
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente UCV
- 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de parámetros en remoción de hidrocarburos
- 1.4. Autor(A) de Instrumento: Vargas Valverde Heber

ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación

 SI

Los requisitos para su aplicación los Requisitos para su aplicación

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85%

Lima, 5 de octubre del 2020

Dr. Elmer G. Benites Alfaro,  
 CIP: 71998  
 ORCID ID: 0000-0003-1504-2089  
 Scopus ID de autor: 57216176765  
 Web of Science Researcher ID: AAI-8644-2020

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: ORDOÑEZ GALVEZ, JUAN JULIO
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente - UCV
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Gestión de riesgos y adaptación al cambio climático
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha general de recolección de datos
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: Vargas Valverde Pablo Heber

### II. ASPECTOS DE VALIDACION

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. OPINION 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 VALORACION:

90 %
------

Lima, 6 de octubre del 2020

Atestado  
  
 Juan Julio Ordoñez Galvez  
 DNI: 08447308

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: ORDÓÑEZ GALVEZ, JUAN JULIO
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente - UCV
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Gestión de riesgos y adaptación al cambio climático
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Escala Newcastle - Ottawa modificada
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: Vargas Valverde Pablo Heber

### II. ASPECTOS DE VALIDACION

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 organizacion logica.											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 metodologia 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. OPINION 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 VALORACION:

90 %
------

Lima, 6 de octubre del 2020

  
 Juan Julio Ordóñez Galvez  
 DNI: 06447308

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: ORDÓÑEZ GALVEZ, JUAN JULIO
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente - UCV
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Gestión de riesgos y adaptación al cambio climático
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de parámetros en aplicación de microorganismos
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: Vargas Valverde Pablo Heber

### II. ASPECTOS DE VALIDACION

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. OPINION 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 VALORACION:

90 %
------

Lima, 6 de octubre del 2020

Atestado  
  
 Juan Julio Ordóñez Galvez  
 DNI: 06447308

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: ORDÓÑEZ GALVEZ, JUAN JULIO
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente - UCV
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Gestión de riesgos y adaptación al cambio climático
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de parámetros en remoción de hidrocarburos
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: Vargas Valverde Pablo Heber

### II. ASPECTOS DE VALIDACION

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 organizacion logica.											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. OPINION 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 VALORACION:

90 %
------

Lima, 6 de octubre del 2020

Atentamente,  
  
 Juan Julio Ordóñez Galvez  
 DNI: 08447308

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 1

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: ACOSTA SUASNABAR EUSTERIO HORACIO
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente - UCV
- 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha general de recolección de datos
- 1.4. Autor(A) de Instrumento: Vargas Valverde Pablo Heber

### II. ASPECTOS DE VALIDACION

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 VALORACION:

90 %
------

Lima, 7 de octubre del 2020

  
 Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar  
 CIP N° 25450

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 2**
**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: ACOSTA SUASNABAR EUSTERIO HORACIO
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente - UCV
- 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Escala Newcastle - Ottawa modificada
- 1.4. Autor(A) de Instrumento: Vargas Valverde Pablo Heber

**II. ASPECTOS DE VALIDACION**

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 VALORACION:**

90 %
------

Lima, 7 de octubre del 2020


  
 Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar  
 CIP N° 25450

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 3**
**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: ACOSTA SUASNABAR EUSTERIO HORACIO
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente - UCV
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Gestión de riesgos y adaptación al cambio climático
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de parámetros en aplicación de microorganismos
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: Vargas Valverde Pablo Heber

**II. ASPECTOS DE VALIDACION**

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. OPINION 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 VALORACION:**

90 %
------

Lima, 7 de octubre del 2020


  
 Dr. Eustasio Horacio Acosta Suasnabar  
 CIP N° 25450

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 4**
**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: ACOSTA SUASNABAR EUSTERIO HORACIO  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente - UCV  
 1.3. Especialidad o línea de investigación: Gestión de riesgos y adaptación al cambio climático  
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de parámetros en remoción de hidrocarburos  
 1.5. Autor(A) de Instrumento: Vargas Valverde Pablo Heber

**II. ASPECTOS DE VALIDACION**

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. OPINION 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 VALORACION:**

90 %
------

Lima, 7 de octubre del 2020



Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar  
 CIP N° 25460