



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

**Técnicas de remoción para suelos contaminados con mercurio:
Revisión sistemática y meta-análisis**

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

AUTORES:

Hernández Mercado, Renzo Manuel ([orcid.org/ 0000-0001-8646-9018](https://orcid.org/0000-0001-8646-9018))

Oscorima Canchari, Reyely Brillit ([orcid.org/ 0000-0003-3431-2611](https://orcid.org/0000-0003-3431-2611))

ASESOR:

Dr. Valverde Flores, Jhonny Wilfredo ([orcid.org/ 0000-0003-2526-112X](https://orcid.org/0000-0003-2526-112X))

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

TRATAMIENTO Y GESTIÓN DE LOS RESIDUOS

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA – PERÚ

2022

Dedicatoria

Agradecemos a nuestros familiares por el apoyo brindado durante esta etapa de nuestro desarrollo académico y por qué nos impulsaron a no rendirnos para poder lograr nuestros objetivos. A nuestros docentes por formarnos desde que iniciamos la carrera forjando la necesidad de poder lograr nuestras metas académicas y a las personas que fueron parte de nuestras vidas y hoy ya no se encuentran con nosotros.

Agradecimiento

A nuestros padres y a Dios por darnos las fuerzas para poder afrontar las dificultades que se nos presente durante el trayecto de la carrera y a nuestro asesor el Dr. Valverde Flores, Jhonny Wilfredo por todo el apoyo y las indicaciones que nos brindó todo y su conocimiento profesional para poder realizar este trabajo exitosamente.

Índice de contenido

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA	12
3.1 Tipo y diseño de la investigación	12
3.2 Variable y operacionalización	13
3.3 Población, muestra y muestreo.....	13
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	14
3.5 Procedimientos.	15
3.6 Método de análisis.	17
3.7 Aspectos éticos.....	17
IV. RESULTADOS	19
V. DISCUSIONES	70
VI. CONCLUSIONES	74
VII. RECOMENDACIONES	75
REFERENCIAS	76
ANEXOS	86

Índice de tablas

Tabla 1. Base de datos	16
Tabla 2. Resultado de documentos digitales	17
Tabla 3. Escala Newcastle-Ottawa, tabla de selección.....	20
Tabla 4. Características de las investigaciones incluidas	23
Tabla 5. Cantidad de remoción de mercurio y porcentaje.....	38
Tabla 6. Condiciones operacionales de removedores de mercurio.....	42
Tabla 7. Características de la muestra de suelo contaminado.....	54

Índice de figura

Figura 1. Proceso de fitorremediación.....	11
Figura 2. Proceso de obtención de las investigaciones.....	19
Figura 3. Meta análisis de las concentraciones iniciales y finales de los estudios incluidos para la remoción de mercurio (Hg), mediante las técnicas de tratamiento térmico y desorción térmica.	61
Figura 4. Meta análisis de las concentraciones iniciales y finales de los estudios incluidos para la remoción de mercurio (Hg). Mediante las técnicas de fitorremediación y fitoextracción.	63
Figura 5. Meta análisis de las concentraciones iniciales y finales de los estudios incluidos para la remoción de mercurio (Hg). Mediante las técnicas de Biorremediación y remediación.	65
Figura 6. Meta análisis de las concentraciones iniciales y finales de los estudios incluidos para la remoción de mercurio (Hg). Mediante las técnicas de nanotecnología.	66
Figura 7. Porcentaje de remoción de todas las investigaciones cuya técnica fue relacionada al tratamiento térmico.....	67
Figura 8. Porcentaje de remoción de todas las investigaciones cuya técnica fue relacionada a la fitorremediación.	68
Figura 9. Porcentaje de remoción de todas las investigaciones cuya técnica fue relacionada a la biorremediación.	69

Resumen

La presente investigación tiene como objetivo realizar una revisión sistemática y meta-análisis sobre las técnicas de remoción de suelos contaminados por mercurio que existen. Esta investigación es de enfoque cuantitativo, con un diseño no experimental y de tipo aplicativo y de nivel descriptivo. Para las bases de datos se tuvo que buscar investigaciones que estuvieran dentro de los años del 2010 al 2021 del mes de setiembre y seleccionados por el criterio de inclusión y exclusión por conveniencia, también se utilizó la matriz de Newcastle-Ottawa para poder evaluar la calidad de metodología de los estudios incluidos en esta investigación, posteriormente a ello, fueron sometidas al programa RevMan 5.4.1, con el fin de realizar el meta análisis en los estudios seleccionados para la revisión sistemática. Los resultados indicaron que existen muchas técnicas de remoción de mercurio en el suelo y teniendo una eficacia hasta del 100% de remoción como lo indican muchas de ellas teniendo en cuenta la técnica utilizada, la cantidad de absorbente utilizado, el tiempo de aplicación y la temperatura de ellos, el meta análisis se dividió en 4; el primer tratamiento relacionados al tratamiento térmico, el cual obtuvo una heterogeneidad de $I^2=94\%$, el segundo tratamiento relacionado a fitorremediación, se obtuvo una heterogeneidad de $I^2=98\%$, el tercer tratamiento relacionado a la biorremediación se obtuvo heterogeneidad de $I^2=97\%$, mientras que en el último relacionado a nanotecnología, se obtuvo una heterogeneidad de $I^2=92\%$, concluyendo que tienen un alto porcentaje en remoción de mercurio.

Finalmente se concluye que existen técnicas de remoción y que son muy eficaces debido a que evidencian un gran porcentaje para la remoción de mercurio en suelos contaminados.

Palabras clave: revisión sistemática, meta-análisis, técnicas, remoción, suelos, mercurio.

Abstract

The objective of this research is to carry out a systematic review and meta-analysis of existing mercury-contaminated soil removal techniques. This research has a quantitative approach, with a non-experimental design and an application type and a descriptive level. For the databases, it was necessary to search for investigations that were within the years of 2010 to 2021 of the months of September and selected by the inclusion and exclusion criteria for convenience, the Newcastle-Ottawa matrix was also used to be able to evaluate the quality. of methodology of the studies included in this investigation, after that, they were submitted to the RevMan 5.4.1 program, in order to perform the meta-analysis in the studies selected for the systematic review. The results indicated that there are many techniques for removing mercury in the soil and having an efficiency of up to 100% removal as indicated by many of them, taking into account the technique used, the amount of absorbent used, the application time and the temperature. of them, the meta-analysis was divided into 4; the first treatment related to thermal treatment, which obtained a heterogeneity of $I^2=89\%$, the second treatment related to phytoremediation, a heterogeneity of $I^2=98\%$ was obtained, the third treatment related to bioremediation, a heterogeneity of $I^2=96\%$ was obtained, while in the last one related to nanotechnology, a heterogeneity of $I^2=92\%$ was obtained, concluding that they have a high percentage of mercury removal.

Finally, it is concluded that there are removal techniques and that they are very effective because they show a large percentage for the removal of mercury in contaminated soils.

Keywords: systematic review, meta-analysis, new techniques, removal, soils, mercury.

I. INTRODUCCIÓN

El mercurio (Hg), es un metal altamente tóxico con una fuerte migración y alta capacidad de acumulación en las cadenas alimentarias, que se convirtió en un contaminante a nivel mundial de gran preocupación (Navarro, et al. 2009).

El mercurio es de los metales pesados más penetrantes y tóxicos, se genera debido a una variedad de fuentes industriales, como las actividades mineras, la producción de cloro-álcali y fabricación de lámparas fluorescentes, cosméticos, lo cual lleva a una contaminación del suelo, el cual puede ser absorbido por los cultivos agrícolas, y acumulado a lo largo de la cadena alimentaria, debido a esto representa una gran amenaza para los humanos (Holmes et al., 2009).

La exposición de mercurio a las personas es causante de una gran variedad de enfermedades neurodegenerativas, tales como: Alzheimer, Parkinson, esclerosis lateral amiotrofia, así también como dañar el sistema inmunológico y los riñones (Holmes et al., 2009). Mediante estudios se busca la descontaminación de suelos, agua y sedimentos que son contaminados por metales pesados; usando estrategias de técnicas de recuperación que cumplen el proceso de acumular dichos contaminantes haciéndolos más fáciles de degradar para la planta fitorremediadora, para el caso de aplicar la fitorremediación (López, 2011).

En este caso se opta por una tecnología barata con gran efectividad para la recuperación de suelos que viene a ser la fitorremediación, biorremediación, bioadsorción entre otros (Marrero-Coto et al., 2012).

Las técnicas para remover metales pesados como el mercurio consisten en reducir, extraer, eliminar contaminantes del suelo como el mercurio esto incluye procesos físicos, químicos y biológicos en los organismos o microorganismos que apoyen en la absorción, eliminación o degradación de los metales pesados, ya sea los organismos o microorganismos que se generan o desarrollan en el suelo (Marrero-Coto et al., 2012).

Las utilizaciones de estas técnicas concluyen en ser eficientes para reducir la cantidad de metales pesados, por lo tanto, se aplica a todos los contaminantes orgánicos e inorgánicos que están presentes en el suelo (Martínez, 2018).

Esta investigación dará a conocer la eficiencia de las técnicas para remover suelos contaminados con mercurio.

Dentro de la formulación del problema, la contaminación por mercurio se ha vuelto en un problema mundial de gran interés por los investigadores, por su alta toxicidad y su difícil remoción; así mismo el suelo sufre un gran impacto negativo si dicho metal se encuentra en grandes cantidades, ya que se degrada debido a su alta toxicidad. La presencia de mercurio disperso en el suelo afecta a la salud humana de la población, por lo que es importante buscar una solución, la fitorremediación es una técnica muy efectiva y de bajo costo para la recuperación de suelos (Singh y Jainista, 2003). Sin embargo, en muchas ocasiones llevara mucho tiempo, y la eficiencia de esta técnica, radica en su biomasa de las plantas (Wang et al., 2020).

La contaminación por mercurio (Hg), se produce ampliamente en todo el mundo y últimamente ha recibido un gran interés, ya que es uno de los metales tóxicos más peligrosos, por muchos aspectos, entre ellos, su biomagnificación de hg con toda la red alimentaria, su fuerte persistencia en el medio ambiente y su ciclo global (Arcagni et al., 2017). El mercurio se presentar generalmente en forma elementales, orgánicas e inorgánicas. El hg elemental (Hg^0) es ubicuo en la atmosfera, y también una fracción significativa en el ambiente suelo y acuático (Rolfhus y Fitzgerald, 2001).

Se han desarrollado varias tecnologías de remediación para poder tratar el suelo contaminado con Hg, como la desorción térmica, el lavado de suelo, la remediación electrocinética, la biorremediación, la fitorremediación, cuyo objetivo es eliminar el mercurio presente en el suelo para lograr la limpieza de dicho suelo. No obstante, dichas

tecnologías están vinculadas a algunos inconvenientes, como, por ejemplo: los agentes químicos aplicados en los lavados de suelo causan efectos adversos potenciales, y las aguas residuales que son producidas así, deben manipularse o tratarse más (Wang et al., 2012).

En la presente investigación se formuló como problema general ¿Cuál es la eficiencia de las técnicas de remoción de mercurio en suelos contaminados?; así mismo se formulan los problemas específicos siguientes, ¿Cuáles son los tipos de remoción más empleados en suelos contaminados con mercurio?; ¿Cuál es el porcentaje de absorción de mercurio después aplicada la técnica?; ¿Cuáles son las ventajas de las condiciones operacionales de los microorganismos u organismos de las técnicas de remoción suelos contaminados con mercurio?; ¿Cómo mejoro los parámetros del suelos antes y después del tratamiento?.

Mediante la presente investigación se trata de contribuir con la compilación de la extensa literatura respecto a la remoción de mercurio usando las técnicas que existen. La justificación social del presente trabajo se basa principalmente en la problemática que vivimos actualmente nuestras fuentes de contaminación se encuentran contaminadas por mercurio causando un gran impacto ambiental afectando a la salud de todos los seres vivos, por ello es importante conocer las técnicas de remoción de manera que sea eficiente y sostenible. En la relevancia ambiental justificamos de esta investigación se basa en encontrar las técnicas más efectiva y adecuada de remoción de mercurio ya que es un metal altamente toxico y se liberan al medio ambiente sin ningún tratamiento generando problemas ambientales en el suelo y agua, y estos son recursos fundamentales para todo ser vivo por ello es fundamental mejorar y dar a conocer las técnicas de remoción y enfrentar uno de los grandes problemas que existen en muchos países, desde el punto de vista económico se centra en la rentabilidad de las técnicas de remoción de mercurio ya que son muy económicas y muy

eficaces. Como objetivo general; Evaluar la eficiencia de las técnicas de remoción de mercurio presente en suelos contaminados.

Como objetivos específicos; Evaluar las técnicas de remoción de mercurio presentes en los suelos contaminados; Evaluar la cantidad de mercurio antes y después del tratamiento en el suelo; Evaluar las condiciones operacionales de los microorganismos u organismo de las técnicas de remoción suelos contaminados con mercurio, antes y después del tratamiento; Evaluar los parámetros del suelo antes y después del tratamiento.

II. MARCO TEÓRICO

En la búsqueda de artículos e investigaciones relacionadas a la remoción de mercurio en suelos contaminados, se hallaron los siguientes investigaciones nacionales e internacionales

La contaminación por mercurio (Hg), se produce ampliamente en todo el mundo y últimamente ha recibido un gran interés, ya que es uno de los metales tóxicos más peligrosos, por muchos aspectos, entre ellos, su biomagnificación de hg con toda la red alimentaria, su fuerte persistencia en el medio ambiente y su ciclo global (Arcagni et al., 2017). El mercurio se presentar generalmente en forma elementales, orgánicas e inorgánicas. El hg elemental (Hg^0) es ubicuo en la atmosfera, y también una fracción significativa en el ambiente suelo y acuático (Rolfhus y Fitzgerald, 2001).

Se han desarrollado varias tecnologías de remediación para poder tratar el suelo contaminado con Hg, como la desorción térmica, el lavado de suelo, la remediación electrocinética, la biorremediación, la fitorremediación, cuyo objetivo es eliminar el mercurio presente en el suelo para lograr la limpieza de dicho suelo. No obstante, dichas tecnologías están vinculadas a algunos inconvenientes, como, por ejemplo: los agentes químicos aplicados en los lavados de suelo causan

efectos adversos potenciales, y las aguas residuales que son producidas así, deben manipularse o tratarse más (Wang et al., 2012).

Según Gil-Díaz, Alonzo et al (2017), en su estudio “Comparación de diferentes nanopartículas comerciales de hierro valencia cero para inmovilizar As y Hg en suelos abandonados”, nos revela que su objetivo principal fue comparar la efectividad de 3 nanopartículas comerciales de hierro de valencia 0 para inmovilizar As y Hg en dos suelos provenientes de actividades mineras y metalúrgicas, mediante el cual se determinó que las nanopartículas de hierro a escala nanométrica (RNIP) de toda Kogyo se removió entre 63 a 90% de Hg .Según Wang, J et al (2021), en su estudio “Movilización, metilación y desmetilación de mercurio en un suelo de arroz bajo cambios sistemáticos redox”, tuvo como objetivo utilizar en método oxidación-reducción (Eh), utilizando un microcosmo biogeoquímico sofisticado, en el cual se determinó que disminuyó un 50 % y un 96 %, a Eh de + 200 mV en comparación de – 300 mV, respectivamente. Según Lu, Guanghua et al (2017), en su estudio “Solución de remediación de Na₂S para suelos contaminados con mercurio pesado”, tienen como objetivo aplicar la solución de Na₂S para extraer mercurio móvil en un suelo contaminado, considerando que la cantidad de mercurio inicial era de 168 mg/kg. De acuerdo con los experimentos de extracción, se determinó que el mercurio móvil se logró eliminar en un 86 %. Según Vidal, Jhon et al (2015), en su estudio “Remediación de suelos contaminados con mercurio utilizando guarumo (*Cecropia Peltata*)”, en la investigación se determinó el nivel de contaminación, también el tiempo que demoró el crecimiento de guarumo, a raíz de la remoción del mercurio del suelo. Al cabo de 16 semanas, se obtuvieron 15.7 % y 33.7 % de remoción, debido a que el guarumo puede acumular considerables cantidades del metal, sin la consecuencia de algún efecto tóxico; determinando que el guarumo es una especie fitorremediadora. Según Patricia, López (2021), en su estudio “Remoción de Mercurio de Suelos Contaminados por Actividades Mineras en el

Distrito de Mariano Nicolás Valcárcel Anexo de Secocha, Empleando Cepas Bacterianas Nativas y su Evaluación como Potenciales Agentes de Biorremediación”, nos cuenta que su objetivo fue identificar cepas bacterianas nativas de suelos contaminados por actividad minera, en el anexo de Secocha, cuya población fue de los suelos contaminados con mercurio el estudio fue de tipo experimental, logrando remover el mercurio, el cual tuvo como valor inicial 4.7 mg/kg. Según Cárdenas, Juan et al (2012), en su estudio “el uso de diferentes biomásas fúngicas para la eliminación de Mercurio (ii) en solución”, tuvo como objetivo analizar la capacidad de mercurio en solución por 14 especies de hongos, para el cual se analizó la remoción de metal en 13 hongos y una levadura, para el cual la biomasa residual se sembró 1×10^6 esporas/200 mL en medio caldo, incubándolo por 4 días a 30 °C. La biomasa es separada, para luego lavarla, secarlo a 80 °C. Para el análisis se preparó soluciones de mercurio de 1g/100 mL de solución, para lo cual se determinó que al analizar el efecto de pH y tiempo de incubación de cobalto con 1 gr de biomasa de *M. Rouxii* IM 80, se determinó que la mejor remoción se obtiene a un pH de 5.5 (95.4%) luego de 1 día de incubación. Según Paz, pilar (2018), en su tesis “Reducción de mercurio en suelos contaminados del Campamento de la mina Santa Bárbara usando *Pseudomona putida* en Huancavelica”, el cual tiene como objetivo fue proponer una alternativa de remediación de suelo, el cual se realizado en la mina de Santa Bárbara , el cual se analizó la cantidad de mercurio de la zona ante y después del tratamiento con la bacteria, para el cual fue utilizado la técnica de muestreo que fue aleatoria simple superficial, siguiendo la metodología experimental, trabajando con la cepa *Pseudomona putida*, una vez tenemos la muestra de suelo, depositamos en macetas con 1.5 kg, utilizando 13 macetas para 4 parámetros distintos y una muestra control, la cepa estaba liofilizada. Los 4 tratamientos fueron de 20, 30, 40 y 50 mL respectivamente, todas mezcladas con 0.3 litros de agua destilada, para posteriormente verter en la maceta, dicho periodo fue de 1 mes y medio.

Lo cual dio como resultado que la cepa *Pseudomona putida* redujo el nivel de mercurio en los 4 tratamientos. Según Ventura, Deysi (2016), en su tesis, “Cultivo del hongo *Pleurotus Ostreatus* para la remoción de mercurio en suelos de la comunidad minera Santa Bárbara – Huancavelica”, el cual tuvo como objetivo principal minimizar los suelos contaminados con mercurio, dicho estudio fue en Santa Bárbara, de tipo experimental, tuvo como población al suelo contaminado con mercurio, tuvo como muestra 108 kg del suelo de la región, fue utilizada la técnica de recolección de datos denominado observación, notas de campo. Utilizándose el método de análisis de datos en un enfoque cuantitativo, aplicando el programa estadístico MINITAB 17 y SPSS. Obteniendo como resultado que se obtuvo una remoción total del 99.41 % del mercurio. Según Laricano, Ernesto (2018), en su tesis “Análisis comparativo de la biorremediación de suelos contaminados con mercurio por actividad minera, aplicando la tecnología de vermicomposta”, tiene como objetivo principal el de analizar los niveles en que disminuyeron los suelos contaminados por mercurio, aplicando la vermicomposta, dicho estudio se realizó en Puno, en la Universidad Nacional Altiplano, cuya población se utilizó los suelos contaminados por mercurio, el tipo de investigación fue de cuantitativa experimental, para el experimento se preparó 9 bandejas de madera, se colocó 3 kg de material particulado, el cual fue analizado con la concentración de Hg, 7 kg de composta y 1 kg de estiércol de ovino, para luego adicionarle 100, 200 y 300 lombrices dicho experimento tuvo 15, 30 y 45 días, para el cual se obtuvo que inicialmente la concentración de Hg fue de 167.5 mg/kg. Pasado medio mes en los tratamientos 1, 2 y 3 se redujo a concentraciones de 108.8, 60.5 y 64.8 mg/kg, al mes obtuvimos que se redujo a 63.07, 59.10 y 57.56 mg/kg. Finalmente, a los 45 días se obtuvo: 16.15, 15.57 y 17.12 mg/kg de mercurio. Según Díaz, María (2014), en su tesis “Evaluación de la fertilidad y remediación de suelos mediante la técnica de biopilas en una zona intervenida por pequeña minería en el barrio San Antonio parroquia

Guadalupe.”, nos cuenta que su objetivo fue diagnosticar la capacidad fértil del suelo y determinar el nivel de contaminación por mercurio, en dicha minera, para lo cual se delimitó el área de estudio que fue de 5 Ha, se empleó un muestreo sistemático donde se determinó un punto específico y de ahí se midió 100 m², se recolectó 5 submuestras de cada Ha (de la zona donde estuvo la minera y donde no estuvo intervenida) para lo cual se llevó al laboratorio las muestras, para la construcción de las biopilas, se construyó 3 biopilas, la décima se implementó un tipo de pasto *Brachiaria Decumbens* el cual tuvo el rol de indicador, por el cual se dio a conocer que mediante un análisis en laboratorio se vio que en el área intervenida es de 8.4 mg/kg, y en el área que no fue intervenida se obtuvo 0.5 mg/kg. According to Huang, Yao et al, (2019), in their study "In situ remediation of soils contaminated with mercury using a compound of graphene oxide/Fe-Mn functionalized with thiol", was carried out to know the feasibility of SGO/Fe-Mn to achieve immobilize Hg in contaminated soil, and which had as objectives, to test the effects of the treatment time, the dose of SGO/Fe-Mn and the moisture content of the soil in Hg, to determine the effectiveness of the immobilization; This study was carried out in China, it was experimental, for which graphene oxide was obtained. 3-Mercaptopropyltrimethoxysilane and ethanol were purchased; For the preparation and analysis of the soil, the surface soil of 0 to 30 cm Hg, which was obtained from Nankai University, was collected, the samples were dried, then sieved and suspended colloids were removed, after air drying and storage, 5 kg of prepared soil were mixed for 3 months. After 1 day of sedimentation; The air-dried soil was then directed and analyzed to determine the aqueous concentration of mercury, for which 195.0 mg/kg were obtained in the soil. For which it was determined that as the immobilization time passed from 0 to 13 d, increasing the dose of SGO/Fe-Mn from 0.4% to 0.8% caused a better immobilization of Hg, the concentration of the leachable mercury H₂SO₄ was achieved reduce by 70.8% with 0.4% SGO/Fe - Mn after 13 days. When the SGO was

increased to 0.8%, the percentage reached 94%. According to O'Connor, David et al (2018), in their study "Sulfur-modified rice husk biochar: an ecological method for the remediation of soils contaminated with mercury", the present study used rice husk as raw material for biochar (derived from bamboo), because the study was conducted in China, elemental S was used by heating to modify the biochar. Unmodified RH biochar and modified S biochar were used to treat a high level of enriched Hg²⁺ (1000 mg/kg) from Hg-contaminated soil in southern China. To produce the modified biochar S and also the rice husk biochar, it was produced through residual rice husk biomass, for the modification of S implied the homogenization of the dry weight 1: 1 mixture of biochar RH and S. It was used Reagent grade mercury (II) nitrate monohydrate (Hg (NO₃)₂.H₂O) to prepare a solution of Hg²⁺ in deionized water. For each test of, 0.1 g ± 0.001 g of solvent was added to 50 mL ± 0.01 mL. The initial concentration of 100 mg/L of Hg²⁺, determining that the S content of the activated carbon was increased to 17.3% by impregnation of S, for the adsorption of Hg it was observed that it increased rapidly due to the availability of numerous active sites in surface, this rate then decreased and tended to the asymptote. According to Chen, SC et al (2018), in their study "Development of a two-stage biotransformation system for the remediation of soils contaminated with mercury", indicates that their main objective was to evaluate the viability of using selected extraction reagents [ethylenediaminetetraacetic acid (C₁₀H₁₆N₂O₈, EDTA), sodium thiosulfate (Na₂S₂O₃), ammonium thiosulfate (H₈N₂O₃S₂) and citric acid (C₆H₈O₇), for extraction of Hg from soils contaminated with Hg and to know which are the best conditions for the extraction for the extraction of Hg, for which three Hg-reducing strains (B7, A5 and A6) were isolated from soils contaminated with Hg obtained from a plant of pesticides in Taiwan, for which the effects of four different extraction reagents (EDTA, sodium thiosulfate, ammonium thiosulfate and citric acid with 4 different concentrations) on the growth of three Hg-reducing strains (B7, A5 and A6

were evaluated). For which incubation medium (nutritive broth (NB)) was prepared. Batch experiments were used to use sodium thiosulfate and ammonium thiosulfate as extraction reagents for the removal of Hg, for which 20 gr of soil were added to each one, followed by 50 mL of solution, using deionized water as reagent of Soil washing to be able to extract Hg, determining that sodium thiosulfate and ammonium thiosulfate can be applied as well as washing agents, to be able to extract the soil with Hg, but sodium thiosulfate had better microbial affinity, due to this the strain B7 could be more optimal to carry out the biotransformation of hg.

En lo que respecta a la teoría, obtenemos que una revisión sistemática es un tipo de investigación que permitirá hacer revisión a la literatura científica sobre un tópico, partiendo de la formulación de una pregunta, precisa y objetiva, utilizando métodos sistemáticos y explícitos para localizar, determinar y darle valor a las investigaciones relevantes a dicha pregunta y también aplicando protocolos sistemáticos para recoger datos e información de las investigaciones, con el fin de alcanzar conclusiones válidas y objetivas, sobre los que concluyen las evidencias sobre dicho tópico (Last, 2001, pp. 176-177).

El metaanálisis puede formar parte de ese proceso, aunque necesariamente.

Debido a esto podemos definir al metaanálisis como el “análisis de una gran recopilación de los resultados de trabajos personales con el propósito de cuantificar los hallazgos obtenidos” (Glass, 1976).

Fitorremediación es una actividad tecnológica emergente que utiliza plantas o sus microorganismos para purificar el ambiente contaminado por metales peligrosos para mejorar la calidad del ambiente. La figura representa la actividad de los mecanismos de absorción de contaminantes a través de la tecnología de la fitorremediación. Para los compuestos orgánicos, implica dentro de ella la Fitoestabilización, la rizodegradación, rizofiltración, fitodegradación y fitovolatilización (Tangahu et al., 2011).

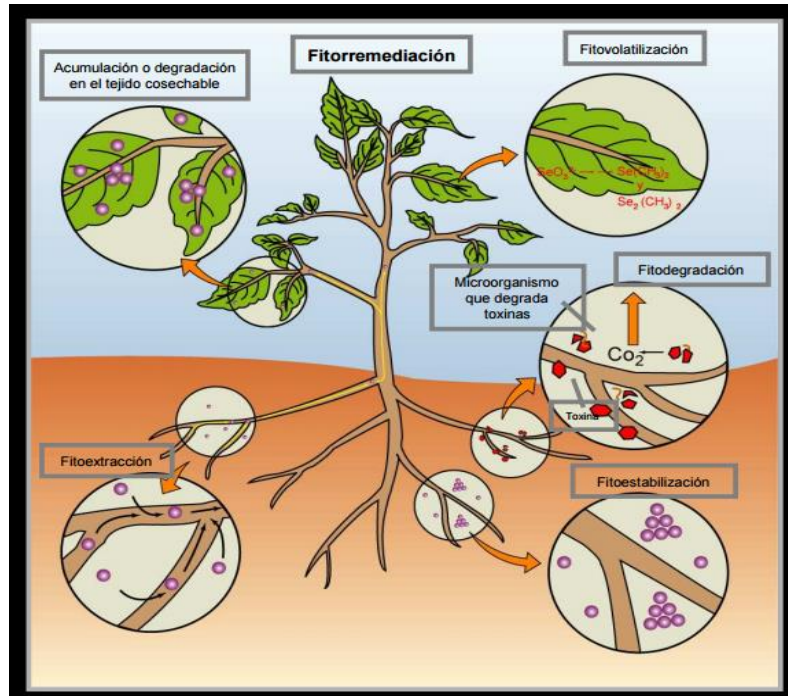


Figura 1. Proceso de fitorremediación

Biorremediación que se encarga de la eliminación de contaminantes mediante microorganismos ya sea hongos o bacterias, para limpiar áreas contaminadas ya sea el suelo o el agua (Glazer y Nikaido, 1995).

Desorción térmica es un tratamiento de separación física no destructivo consistente en calentar el suelo a temperaturas que van desde 90 °C a 540 °C, al objeto descomponer los contaminantes orgánicos y metales pesados volátiles (Mendoza et al., 2005).

Solidificación/Estabilización consiste en reducir la movilidad del contaminante, encapsulándolos en una matriz (solidificación). La solidificación significa mezclar residuos o del suelo con agentes como el cemento, para crear una lechada o pasta que con el tiempo pasa a ser una forma sólida (Mahbub et al, 2017).

Electro descontaminación se refiere a la aplicación de una corriente eléctrica continua con baja intensidad entre una serie de electrodos insertados en los suelos contaminados vertidos con mercurio y saturado en su mayoría con agua que actúa como un conductor para la dicha eliminación de estos contaminantes (García-Herruzo et al., 2000).

Nanotecnología, se define como el estudio, síntesis, el diseño, la caracterización y la aplicación a niveles atómicos y moleculares a una escala del 1 a 100 nm, de dispositivos, sistema y estructuras (Roco, 2003, p. 337).

Suelos. Es uno de los elementos más importantes y el lugar donde se desarrolla la vida y muy difícil de recuperarse de contaminantes potentes, porque es considerado como un recurso natural que no se puede renovar fácilmente, requiere de muchos procesos para ello (Silva y Correa, 2009). El suelo es muy fundamental para la existencia de la cobertura vegetal y así sea posible la vida en la superficie terrestre (Villarreal et al., 2012). El pH es muy importante para que existan los seres vivos y los microorganismos y plantas, este se refiere a la cantidad de hidrógeno y iones en el suelo (Hernández, 2008).

Mercurio; es un metal extraído por las minerías ilegales, son muy tóxicos para la población, la flora, la fauna y todo lo que está seco de este contaminante, esto en grandes cantidades puede llevar consigo a la muerte de las personas o alteración cerebral (Manosalva, 2008). Una de las fuentes del mercurio es la que contiene las emisiones volcánicas y la evaporación del agua o provienen de las actividades antropogénicas (Marin et al., 2005).

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de la investigación

La investigación tuvo un enfoque cuantitativo, al cual se asocia con experimentos donde se manipulan las variables, además el proceso se aplica de manera más rígida y estructurada (Gómez, 2006).

La investigación fue de tipo aplicada, ya que produce conocimiento y también logra resolver problemas (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

La investigación tuvo un diseño no experimental, que se define como el tipo de investigación que no tiene intención de manipular las

variables, ósea examinar los fenómenos que se manifiestan en un contexto natura (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

La investigación tuvo un nivel descriptivo, debido a que se pudo evidenciar con precisión las características de un fenómeno o suceso, cuyo objetivo es poder describir una situación, suceso o fenómeno, para poder detallar en qué circunstancias se presentan y como son.

Esta investigación es de tipo aplicado, este trabajo tiene como fin analizar las técnicas de remoción de mercurio en suelos contaminados que existen.

3.2. Variable y operacionalización

En la investigación de revisión sistemática y metaanálisis se determinó como variable 1 y 2 las siguientes:

Variable 1: Técnicas de Remoción (ver en Anexo-1)

Variable 2: Suelos contaminadas con mercurio (ver en Anexo-2)

Matriz de operacionalización de variables se encuentra en el anexo 4.

3.3. Población, muestra y muestreo

Población

En la presente investigación la población corresponde a las investigaciones que utilizaron técnicas de remediación de suelos contaminados con mercurio las cuales fueron un total de 450, Naresh (2004) nos define que la población es la suma de todos los elementos con las características parecidas y también abarca el universo de los problemas empleados.

- **Criterios de inclusión:** todas las investigaciones, tesis, artículos, sobre las técnicas de remoción de mercurio en los suelos contaminados, teniendo 24 investigaciones de ScienceDirect, 4 de Scopus, 11 de Google Académico, 1 de Springer y 1 de Dialnet, teniendo un total de 41 estudios seleccionados

- **Criterios de exclusión:** investigaciones que no tengan relación con la investigación de investigación realizado.

De la muestra se obtiene la información para esta investigación. Una muestra es una serie de unidades seleccionadas de uno o de varios marcos para ello se utilizarán 41 investigaciones que cumplen con el criterio de inclusión (Cortez e Iglesias, 2004). Se incluirá las investigaciones que estén dentro de los años de 2010 a 2021.

La presente investigación de muestreo no probabilístico por conveniencia puesto que los investigadores recopilaron investigaciones para obtener datos para esta investigación al respecto, Naresh (2004) nos dice que los muestreos no probabilísticos el investigador decide que unidades incluir a la muestra.

La unidad de análisis es cada artículo, tesis e investigaciones que se encontró sobre las técnicas de remoción de suelos contaminados con mercurio y los resultados se utilizarán para los análisis estadísticos.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se llevará a cabo la técnica de análisis documental de tesis, artículos científicos, etc. que nos brindará la información necesaria (no experimental) para la redacción de este proyecto de investigación.

Los instrumentos son herramientas que se utilizan para poder recolectar datos, en este caso se utilizarán las revisiones bibliográficas que se encuentren en la base de datos de internet. Para dicha recopilación se hará uso de tablas, para ello se realizó 4 fichas que se encuentran en los anexos.

Ficha 1: Escala de new-Castle Ottawa

Ficha 2: Características de las investigaciones incluidas en la revisión. (ver anexo 3).

Ficha 3: Seguimiento de remoción de mercurio. (ver anexo 3).

Ficha 4: Condiciones operacionales de los removedores. (ver anexo 3).

Ficha 5: Características físico-químicas de la muestra de suelo contaminado. (ver anexo 3).

3.5. Procedimientos.

Se realizará la comparación e interpretación de tesis, artículos; se presentará la redacción de los resultados encontrados por el procedimiento de revisión bibliográfica, se le dará a conocer la discusión, conclusión y se presentará el proyecto de investigación final, para ello se realizó un cuadro para distribuir las etapas.

Etapas 1. Recolección de información

Se realizará un estudio de tipo análisis, a las investigaciones que se encuentren en diferentes áreas científicas realizadas en la base de datos de Google, Science, ScienceDirect, Scopus, Scielo, Springer, sobre la remoción en suelos contaminados con Mercurio. El análisis de datos se llevará a cabo mediante un cuadro, como se muestra en la tabla 1.

Etapas 2. Búsqueda de investigaciones

Para esta investigación se utilizará las fuentes de internet más confiables y recurridas como el repositorio de la universidad César Vallejo, ScienceDirect, Dialnet, Springer, Google académico como se muestra en la tabla 2.

Estrategia de búsqueda

En el siguiente cuadro se mostrará las diferentes fuentes de búsqueda que utilizamos para seleccionar la información, así como también las palabras empleadas para seleccionar los documentos. Estas palabras son “remediación de suelos” “remediación de suelos con mercurio” “Soil remediation with mercury” “Soil Remediation” “Contamination for mercury” seleccionando documentos del 2010 al presente año.

Tabla 1. Base de datos

Base de datos	Estrategia de búsqueda	Año
Science Direct	“remediación de suelos”	Del 2010 al 2021
Google académico	“remediación de suelos con mercurio”	
Dialnet	“Soil remediation with mercury”	
Spinger	“Soil Remediation”	
Scielo	“Contamination for mercury”	
Scopus		

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Etapas 3: Selección de información

Se incluirán las investigaciones de acuerdo con los criterios de selección, entre ellos tenemos: elegir la credibilidad de las fuentes, relación de tiempo (debe ser del año 2010 al 2021), puede ser de idioma; tanto inglés como el español y debe de tener como criterio la remoción de mercurio en suelos contaminados.

Etapas 4: criterios de inclusión y evaluación de calidad

Se incluirán investigaciones que contengan información sobre la remoción de suelos contaminados con mercurio que serán identificados o encontradas en las diversas bases de datos que se encuentran en internet, teniendo en cuenta la fecha de y tipo de documentación, se tomará en cuenta los que son de los 10 últimos años, de las cuales se tomará en cuenta las 41 investigaciones con mejor información y con mayor porcentaje de eficacia para ello se separa en un cuadro como se muestra en la figura 2.

Resultado de la base de datos

En el siguiente cuadro se mostrará la cantidad de documentos encontrados en cada fuente de búsqueda.

Tabla 2. Resultado de documentos digitales

Base de datos	Referencia
Science Direct	100 documentos digitales
Google académico	80 documentos digitales
Dialnet	70 documentos digitales
Springer	65 documentos digitales
Scielo	80 documentos digitales
Scopus	55 documentos digitales
Total	450 documentos digitales

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Eta 5: Metaanálisis, mediante el programa RevMan 5.4.1

Se utilizó el programa RevMan 5.4.1 para analizar los datos seleccionados, el programa es para poder desarrollar la síntesis de revisión sistemática y poder generar el meta análisis, el software utiliza datos dicotómicos, con un intervalo de confianza del 95%.

3.6. Método de análisis.

Se utilizará el programa Review Manager (RevMan 5.4) para analizar los datos seleccionados. Dicho programa es efectivo para desarrollar la síntesis de revisiones sistemáticas y generar el metaanálisis. Para el caso del metaanálisis se utilizó datos dicotómicos. Los datos analizados en el programa fueron dicotómicos que se compararon con la razón de momio (Odds Ratio), con intervalos de confianza de 95%.

3.7. Aspectos éticos.

Para este proyecto de investigación los aspectos éticos que se desarrollará consistirán en garantizar el reconocimiento de los autores

de las revisiones documentales que se encontraron en la recolección de datos mediante la resolución del consejo universitario N° 0220-2020/UCV que detalla los puntos que se van a considerar en relación al código de ética en investigación de la Universidad César Vallejo, se demostrará ello en el correcto uso de la norma ISO-690 al momento de mencionar y citar la información de otras investigaciones, además el estudio será subido al Turnitin para la verificación del documento en busca de similitudes o contenido no original. Asimismo, el proyecto se estableció bajo lo señalado en la Resolución del Consejo Universitario N°081-2016, resolución que detalla el Reglamento de Investigación de la Universidad César Vallejo.

IV. RESULTADOS

En la figura 2, se muestra un diagrama, el cual se utilizó para poder dar a conocer los criterios que utilizamos para poder excluir investigaciones, y obtener los 41 las investigaciones para incluirlas en nuestra revisión sistemática y posteriormente en nuestro metaanálisis.

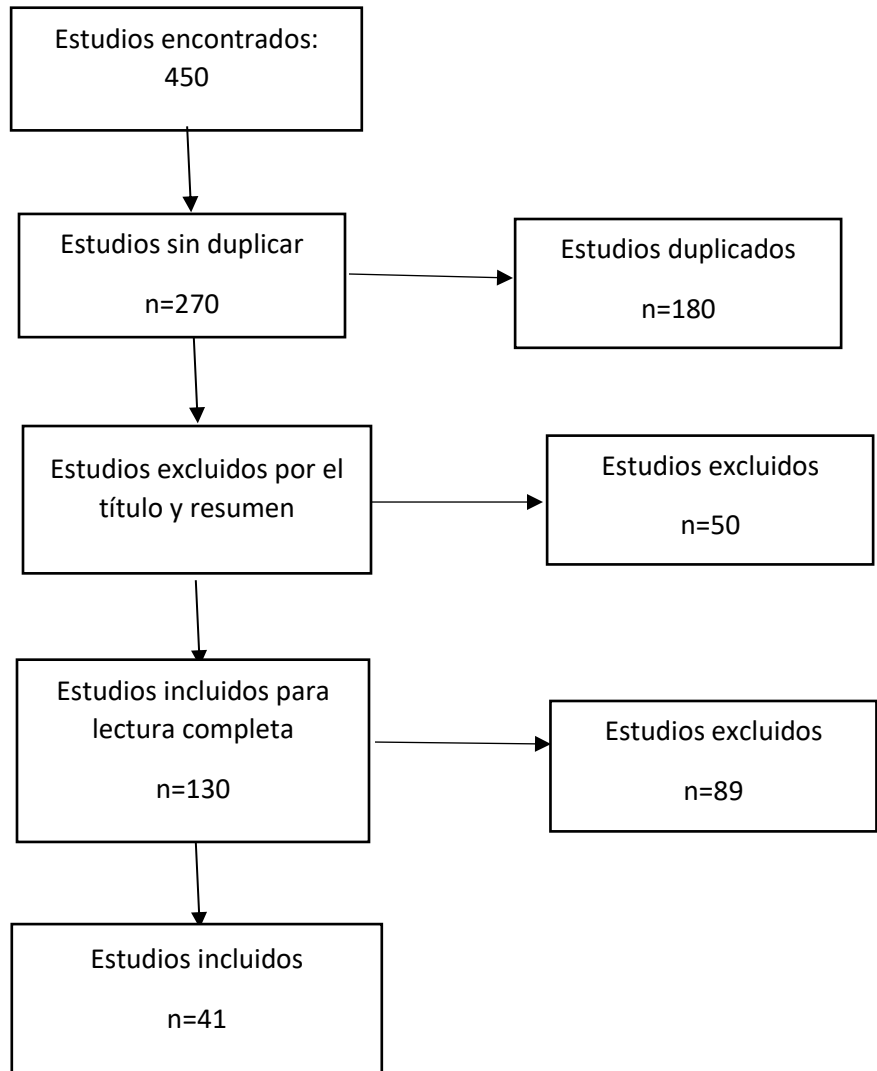


Figura 2. Proceso de obtención de las investigaciones

A modo de cumplir con nuestros objetivos de nuestra investigación se procedió al análisis de 41 investigaciones luego de haber sido seleccionadas mediante los instrumentos para la recolección de datos para luego procesar las en el programa de RevMan para el meta-análisis.

Tabla 3. Escala Newcastle-Ottawa, tabla de selección.

Autores	Tabla de selección						
	Selección		Resultado			Datos específicos	
	Representatividad	Exposición	Periodo de Aplicación	Cantidad Adsorbida	Porcentaje de Remoción	Seguimiento	Toxicidad
Rim et al., 2017	SI	SI	NO	SI	SI	SI	SI
Guanghua et al., 2019	SI	SI	NO	SI	SI	SI	SI
Navarro et al., 2014	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Cao et al., 2018	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Liu et al., 2021	SI	SI	SI	NO	SI	SI	NO
Song et al., 2020	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Cho et al., 2021	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Chmielnik et al., 2017	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO
Fujun et al., 2015	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Min-Oh et al., 2020	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Raj, 2018	SI	SI	NO	SI	SI	SI	SI
Arce et al., 2021	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Smolinska et al., 2017	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO

Souza et al., 2020	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Liu et al., 2018	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Martínez, 2018	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Pilar, 2019	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Ventura, 2016	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO
Jaramillo et al., 2015	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Diaz et al., 2017	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Yi et al., 2021	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Wang et al., 2017	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Krishnan et al., 2017	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
shen et al., 2021	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Laricano, 2018	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Huang et al., 2019	SI	SI	NO	SI	SI	SI	SI
Díaz, 2014	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Rosestolato et al., 2015	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Chen et al., 2018	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Acosta et al., 2019	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Liu et al., 2019	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Guanghua et al., 2021	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Pedron et al., 2013	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Torres, 2017	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Caiting et al., 2017	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Wang et al., 2019	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO
Gil-Diaz et al., 2017	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Pan et al., 2019	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI

morahem et al., 2019	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Wang et al., 2020	SI	SI	NO	SI	SI	SI	SI
O'Connor et al., 2018	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI

Se utilizaron 41 investigaciones de las todas las recopiladas como se muestra en la tabla 3.

Corte de estudios los estudios corresponden al intervalo de año del 2010 a septiembre del 2021, **representatividad** los estudios tienen muestras que corresponden a las técnicas de remoción de suelos contaminados por mercurio, **exposición** evaluar si los parámetros de aplicación de los microorganismos son efectivos y la existencia de técnicas de remoción de suelos, **porcentaje de remoción** indica si la concentración inicial de TPH, HCH o HAP disminuye o no después de la aplicación de microorganismos y la efectividad de las técnicas, **periodo de aplicación** indica el tiempo en la que hace efecto el microorganismo para poder remover los contaminantes de mercurio, **toxicidad** muestra la cantidad de contaminación de mercurio en el suelo, **seguimiento** si se realiza un seguimiento después del estudio de la técnica y microorganismo aplicado.

Tabla 4. Características de las investigaciones incluidas

N°	Absorbente	Metal	Técnica	Condiciones Operacionales	Resultados	Conclusión	País	Referencia
1	Desorción térmica al vacío	Hg	Desorción térmica al vacío	Temperatura Tiempo	La eliminación del mercurio fue del 96.75%.	El Hg se recuperó con éxito de los residuos que contenían altas concentraciones de Hg utilizando el sistema de recuperación de Hg por desorción térmica al vacío propuesto en este trabajo	Corea	Rim et al., 2017
2	Lixiviación de Na ₂	Hg	Desorción térmica	Tiempo	Los resultados de este estudio nos dicen que el contenido de Hg solo se puede reducir de 168 mg/kg a 32,4 mg/kg calentando directamente el suelo a 550 °C durante 60 min	Este nuevo método de remediación colaborativo no sólo podría lograr una desorción térmica leve, sino también proporcionar una guía útil para el suelo severamente contaminado con Hg	China	Guanghua et al., 2019

3	Horno Solar Rotatorio	Hg	Desorción térmica	Temperatura Tiempo	Los valores más bajos de mercurio en las muestras tratadas se obtuvieron a mayor temperatura y tiempo de exposición.	Los resultados experimentales mostraron una eficiencia de eliminación superior al 99% cuando el tratamiento térmico alcanza los 400 °C, por encima de la temperatura de descomposición del cinabrio (310–330 °C)	España	Navarro et al., 2014
4	Microondas con GAC	Hg	Desorción térmica	pH Temperatura Tiempo	Se obtuvo un porcentaje de eliminación de T _{Hg} superior al 86,9 %.	En este estudio, la remediación térmica inducida por microondas de suelos contaminados con alta concentración de Hg se logró a una temperatura relativamente baja (300–350 °C) mediante la adición de carbón activado granular (GAC) como absorbente de microondas	China	Cao et al., 2018

5	Tratamiento térmico	Hg	Tratamiento térmico	Temperatura. Tiempo	Los resultados experimentales pueden ser útiles para la eliminación de SLMC mediante tratamiento térmico en la práctica de la ingeniería	Los resultados experimentales pueden ser útiles para la eliminación de SLMC mediante tratamiento térmico en la práctica de la ingeniería	China	Liu et al., 2021
6	SnCl ₂ como aditivo	Hg	Tratamiento térmico	Temperatura Tiempo	Los resultados muestran que este método será efectivo para la remediación de áreas contaminadas con Hg a pequeña escala	Para aplicaciones prácticas, es necesario realizar más estudios a escala piloto, experimentos de recuperación de Hg y control de gases de combustión, monitoreo de la lixiviación de mercurio a largo plazo de los relaves tratados	Corea	Song et al., 2020
7	Horno eléctrico bajo atmósfera de aire	Hg	Tratamiento térmico	Temperatura. tiempo	Después del tratamiento a 300 °C durante 30 min, la concentración de extracto de fracciones	Este estudio mostro que el tratamiento térmico con diferentes propiedades podría resultar eficaz al	China	Cho et al., 2021

					residuales de Hg fue de 61,5 mg/kg removiendo el 93.8%	remediar mercurio en suelos.		
8	Tratamiento térmico suave con carbón a escala de laboratorio con lignito	Hg	Tratamiento térmico	Temperatura. tiempo	Un análisis económico indica que la tecnología propuesta tiene un costo competitivo con los métodos existentes para remediar el mercurio.	La tecnología desarrollada es competitiva en costos con los métodos comúnmente utilizados y mejora las propiedades térmicas del combustible. Que es muy importante para la combustión de lignito	Polonia	Chmielnik et al., 2017
9	Ácido cítrico	Hg	Tratamiento térmico	Temperatura Tiempo	Se redujo de 134 mg/kg a 1.1 mg/kg al ser tratado a 400 °C por 1 hora y se retuvo la mayoría de sus propiedades fisicoquímicas	Se concluyó que este método podría reducir el consumo de energía en un 35% a diferencia del método tradicional y se utilice para la reutilización del suelo	China	Fujun et al., 2015
10	Vaporización	Hg	Tratamiento térmico	Temperatura Tiempo	A veces se requieren de	Se concluyó que la temperatura óptima de remediación debe	República de Corea	Min-Oh et al., 2020

					temperaturas elevadas.	evaluarse en función de la cinética de volatilización y desorción térmica de Hg		
11	Brassica Juncea	Hg	Fitoextracción	Tiempo	Según los resultados obtenidos se eliminó el 49.88% del mercurio	Se concluyó, que es de bajo costo.	India	Raj, 2018
12	Festuca Dolichophylla añadiendo tiosulfato de amonio como acelerador químico	Hg	Fitoextracción	Tiempo	Se obtuvo un porcentaje de remoción del 82%.	El tiosulfato de amonio aumenta la solubilidad de T _{Hg} .	Perú	Arce et al., 2021
13	Uso combinado de compost y yoduro (KI). L. Sativum L.	Hg	Fitoextracción repetitiva	pH Temperatura	El uso de compost y KI aumenta la acumulación total de Hg y la translocación a las partes aéreas de L. Sativum L.	Este estudio indica que el tiempo requerido se puede acortar cuando se utiliza una planta de rápido crecimiento y se repite el proceso.	Polonia	Smolinska et al., 2017

14	Oxalis Corniculata tratada con Na ₂ S ₂ O ₃	Hg	Fitorremediación	Tiempo	Estos resultados nos dicen que Oxalis Corniculata tratada con Na ₂ S ₂ O ₃ es efectivo para regenerar suelos con mercurio.	El presente estudio demostró que la capacidad de Oxalis Corniculata para extraer mercurio de suelos contaminados en macetas era bastante fuerte. La aplicación de potenciadores (Na ₂ S ₂ O ₃ , (NH ₄) ₂ S ₂ O ₃ , EDTA y DTPA)	China	Liu et al., 2018
15	Baccharis Salicifolia (Ruiz & Pav)	Hg	Fitorremediación	Tiempo	Concluimos que la especie Baccharis Salicifolia (Ruiz & Pav.) Pers se comporta como especie fitoestabilizadora; y el Schoenoplectus Pungens (Vahl) Palla como fitoextractora,	Se concluye que Baccharis Salicifolia (Ruiz & Pav.) Pers es fito estabilizadora, mientras que Schoenoplectus Pungens (Vahl) Palla es fitoextractos	Perú	Martínez, 2018
16	Pseudomona putida	Hg	Fitorremediación	Tiempo	El resultado indica que al	Se concluyó que la fitorremediación con	Perú	Pilar, 2019

					cabo de 6 semanas se logró reducir de 2255.41 mg/kg a 847.4 mg/kg.	Pseudomona Putida es efectiva contra la remediación del Mercurio		
17	Hongo Pleurotus Ostreatus	Hg	Fitorremediación	Tiempo	Según los resultados obtenidos, se redujo el 99.41 % de mercurio del suelo.	Notoriamente se pudo concluir que hay una gran eficiencia de 99.41% con la técnica de fitorremediación con el hongo Pleurotus de remoción de mercurio	Perú	Ventura, 2016
18	Elodea Sp	Hg	Fitorremediación	Temperatura Tiempo	La Elodea Sp remueve concentraciones de mercurio en un 100%.	Se concluyó que la muy efectivo la fitorremediación con elodea Sp ya que absorbe hasta un 100% de la contaminación por mercurio	Colombia	Jaramillo et al., 2015
19	Arachis Pintoii	Hg	Fitorremediación	pH Temperatura Conductividad eléctrica Tiempo	Según los resultados obtenidos, concluimos que el Arachis Pintoii tiene potencial para remover de	La Arachis Pintoii, es considerada como especie acumuladora de mercurio.	Ecuador	Diaz et al., 2017

					174 mg/kg a 132 mg/kg.			
20	Acinetobacter baumannii bac143, Bacillus sp. Bac134, Enterobacter sp. Bac114, Klebsiella pneumoniae bac20, Pantoea sp. Bac23, Pseudomonas sp. Bac17, Pseudomonas sp. BacL38 y Serratia marcescens bacL56	Hg	Biorremediación	Tiempo	Las cepas de bacterias endófitas seleccionadas en este documento son candidatas potenciales para la fitorremediación asistida que ayudará a reducir la cantidad de mercurio en el suelo.	La inoculación de plantas de maíz con bacterias endófitas son de gran efectividad para la remediación de mercurio	Brasil	Souza et al., 2020
21	Bicarbonato derivado de cáscara de arroz (RHB) y una mezcla de Bicarbonato derivado de paja de trigo y arroz (RWB)	Hg	Biorremediación	----	Se redujo significativamente las concentraciones de MeHg en el grano de arroz en un 55-85%	Según los resultados obtenidos se concluye que RWB y RHB son de gran potencial para mitigar la acumulación de MeHg en el arroz	China	Yi et al., 2021
22	Nano-selenio	Hg	Biorremediación	pH	Se concluye que el estudio con nano-Se logró remover la	Se resolvió que el nano-Se ⁰ proporciona un enfoque de	China	Wang et al., 2017

					cantidad de mercurio en el suelo de 25 mg/kg a 9 mg/kg	remediación para el Hg.		
23	Biorremediación utilizando una cepa bacteriana volatilización de Hg <i>Sphingobium</i> SA2 y enmienda de nutrientes	Hg	Biorremediación	pH Textura del suelo	Este estudio demuestra claramente el potencial de las bacterias reductoras de Hg en la remediación de suelos contaminados con Hg. Sin embargo, es deseable atrapar el Hg volatilizado para mejorar la biorremediación	La revegetación de los suelos remediados con pepino y lechuga confirmó que la calidad del suelo mejoró después de los tratamientos	Australia	Krishna et al., 2017
24	Biocarbón de cáscara de arroz	Hg	Biorremediación	Temperatura	Según los resultados obtenidos se pudo deducir que	Se concluyó que la pirolisis más alta de los Biochar de cascara de arroz generalmente resultó en menos escorrentía	China	Shen et al., 2021

25	Vermicomposta	Hg	Biorremediación		Según los resultados primero había 167.5 mg/Kg, después, la disminuyó hasta 16.28 mg/Kg.	Resultado efectiva el uso de vermicomposta propuesto por el autor.	Perú	Laricano , 2018
26	Compuesto de óxido de grafeno/Fe-Mn funcionalizado con tiol	Hg	Remediación	Temperatura. Tiempo	Según los resultados obtenidos se muestra la viabilidad de SGO/Fe-Mn para mejorar la inmovilización de Hg en el suelo y los sedimentos	Se concluyó que la adición de SGO/Fe-Mn logró aumentar la capacidad de intercambio iónico para mejorar la efectividad de la remoción	China	Huang et al.,2019
27	Biopilas	Hg	Remediación de suelos en biopilas	pH	Según los resultados obtenidos, se logró remover el 95% del mercurio presente.	Debido a la aplicación de biopilas se logró recuperar un grado de fertilidad al suelo.	Ecuador	Diaz, 2014
28	Campos eléctricos	Hg	Remediación Electrocinética	----	Según los resultados obtenidos los campos	Se concluyó que la reducción fue del 60% en menos de 3 meses, mediante la adopción	Italia	Rosesto lato et al., 2015

					eléctricos tienen potencial para remediar suelos contaminados con mercurio	de expedientes específicos		
29	Cepa B7 con Ca ²⁺ y magnesio ²⁺ adición enmerainducción del gen (Hg reductasa)	Hg	Lavado y Remediación	pH	Se concluyó que el desarrollo de lavado y luego de remediación logró reducir el porcentaje de suelo en un 81%	Se concluyó que la remediación en 2 etapas tiende a convertirse en una práctica muy efectiva para remediar suelos con mercurio.	Taiwán	Chen et al., 2018
30	L-cisteína	Hg	Absorción atómica	Temperatura	Se realizó la extracción de mercurio de 4.9 mg/kg a 0.083 mg/kg a través de la absorción atómica con L-cisteína efectivamente	Se concluyó que la L-cisteína es una alternativa de muy poco costo con potencial en la remediación de suelos.	Colombia	Acosta et al., 2019
31	Tiosulfato de amonio	Hg	Remediación		La aplicación de CECM y DAP eliminó eficientemente el Hg ²⁺ de las soluciones (>90	Concluimos una promoción de la inmovilización de Hg por tiosulfato en el suelo durante más de un año, que ofrece un	China	Liu et al., 2019

					%) después de 180 min, y la proporción óptima de CECM a DAP fue de 50:1 (p/p).	método prometedor para la remediación de Hg in situ en las regiones mineras de Hg en China		
32	Solución de Na ₂ S	Hg	Remediación	Temperatura	La proporción de extracción de Hg del Hg total alcanzó el 72%. El Hg móvil, en particular, se eliminó hasta en un 86 %	El Hg móvil, en particular, se eliminó hasta en un 86 %	China	Guanghua et al., 2021
33	Brassica Juncea, Poa Annuua y Helianthus Annus con tiosulfato de amonio, (NH ₄) ₂ S ₂ O ₃	Hg	Eliminación de contaminantes biodisponibles	pH	Los resultados demostraron que EBCS parecía prometedor ya que eliminó las formas de metal más peligrosas y acortó sustancialmente el tiempo de limpieza	Los resultados demostraron que EBCS parecía prometedor ya que eliminó las formas de metal más peligrosas y acortó sustancialmente el tiempo de limpieza	Italia	Pedron et al., 2013
34	Yodo /yoduro lixivante	Hg	Electrocinética		Se logró reducir alrededor del	Los valores variaron entre 6,1 y 7,3 para el	China	Torres, 2017

					99% de mercurio del suelo usando yodo/yoduro lixiviante.	pH y de 7,5 a 8,9 para la pe, dentro del dominio de alta solubilidad de Hg		
35	TiAl 10 Ce 20 con adición de Al	Hg	Nanotecnología	Temperatura	Los resultados indican excelente rendimiento de las nanopartículas de TiAl 10 Ce 200	Se concluyó que la nanopartícula desarrollada en este trabajo es un catalizador para la eliminación simultánea de NO y HG 0	China	Caiting et al., 2017
36	Las nanopartículas de selenio amorfo (Senp)	Hg	Nanopartículas	Conductividad eléctrica	Los resultados nos afirman que la hetero agregación de Senp con POM redujo significativamente en un 98.70%	Se concluye que el hetero agregación de Senp con POM, influye significativamente en la inmovilización de Hg	China	Wang et al., 2019
37	Hierro cerovalente a nanoescala(nZVI)	Hg	Nanopartículas	pH Conductividad eléctrica.	Según los resultados las Nanopartículas de RNIP mostraron más efectividad para la remediación de Hg	Se concluyó en el estudio que logró remover el 90% de mercurio en el suelo contaminado	España	Gil-Díaz et al., 2017

38	Nanopartículas biogénicas de Se	Hg	Nanotecnología	Tiempo	Estos resultados indican que la salinidad es un factor ambiental importante que rige la agregación de biosenp y, por lo tanto, influye en la eficiencia de Hg ₀ inmovilización, y posibles tratamientos de remediación, como consecuencia	Se concluyó que la salinidad puede ser factor clave en el gobierno del destino ambiental de las biosenp	China	Pan et al., 2019
39	Nanopartículas residuales del tratamiento del agua (nWTR), cinética de sorción-desorción	Hg	Estabilización por Nanopartículas	pH Textura	Los resultados confirman la capacidad de la aplicación de nWTR para reducir los riesgos de Hg y Cr en sitios contaminados	Se concluye con tuvo un porcentaje de remoción del 90 % sobre el mercurio en el suelo	Egipto	Morahe m et al., 2019

40	Tiol (-SH) y quitosano	Hg	Solidificación/estabilización in situ	pH	Resultó eficiente la enmienda de los minerales arcillosos modificados con SH para absorber Hg y MeHg	Se concluyó que el Med-SH es un material para la remediación de Hg eficiente y seguro para el suelo	China	Wang et al., 2020
41	Biocarbón de arroz modificado con S	Hg	Solidificación/estabilización	pH	Según los resultados se confirma que el adsorbente utilizado tiene gran relevancia para estabilizar Hg como un método "verde".	Se concluyó que se obtuvo una remoción del 99 % de mercurio en el suelo	China	O'Connor et al., 2018

Como se puede observar en la tabla 4, Existen varias técnicas de remoción como la biorremediación, fitorremediación, desorción térmica, tratamiento térmico, remediación en biopilas, electrocinética, estabilización por nanopartículas, fitoextracción, electrocinética, que tienen una gran efectividad para la remoción de suelos contaminados con mercurio como lo menciona (Jaramillo et al., 2015) en su investigación que tiene un 100% de eficacia para remover mercurio de los suelos. También menciona (Torres., 2017) en su investigación que tiene un 99% de eficacia mediante la remediación Electrocinética y así otras investigaciones que mencionan la capacidad de remoción de mercurio.

Tabla 5. Cantidad de remoción de mercurio y porcentaje

N°	Absorbentes	Técnica de remoción	Metal	Concentración 1 (mg/kg)	Concentración 2 (mg/kg)	Porcentaje de remoción (%)	Autor
1	Desorción térmica al vacío	Desorción térmica al vacío	Hg	260 mg/kg	7.8mg/kg	97%	Rim et al., 2017
2	Lixiviación de Na ₂	Desorción térmica	Hg	168 mg/kg	32.4 mg/kg	80.71%	Guanghua et al., 2019
3	Horno Solar Rotatorio	Desorción térmica	Hg	150 mg/kg	1.5 mg/kg	99%	Navarro et al., 2014
4	Microondas con GAC.	Desorción térmica	Hg	234.2 mg/kg	32.78 mg/kg	86.90%	Cao et al., 2018
5	Tratamiento térmico	Tratamiento térmico	Hg	0.490 mg/kg	0.015 mg/kg	99.91%	Liu et al., 2021
6	SnCl ₂ como aditivo	Tratamiento térmico	Hg	26.39 mg/kg	3.87 mg/kg	86%	Song et al., 2020
7	Horno eléctrico bajo atmósfera de aire	Tratamiento térmico	Hg	1049,2 mg/kg	61.5 mg/kg	93.80%	Cho et al., 2021
8	tratamiento térmico suave con carbón a escala de laboratorio	Tratamiento térmico	Hg	0.485 m/kg	0.03395 mg/kg	93%	Chmielnik et al., 2017
9	Ácido cítrico	Tratamiento térmico	Hg	134 mg/kg	1.1 mg/kg	97.00%	Fujun et al., 2015
10	Vaporización	Vaporización	Hg	35.1 mg/kg	3.51	90%	Min-oh et al., 2020

11	Brassica Juncea	Fitoextracción	Hg	2117 mg/kg	1056 mg/kg	49.88%	Raj, 2018
12	Festuca Dolichophylla añadiendo tiosulfato de amonio como acelerador químico	Fitoextracción	Hg	43.67 mg/kg	7.86 mg/kg	82%	Arce et al., 2021
13	Uso combinado de compost y yoduro (KI). L. Sativum L.	Fitoextracción repetitiva	Hg	100 mg/kg	1 mg/kg	99%	Smolinska et al., 2017
14	Oxalis Corniculata tratada con Na ₂ S ₂ O ₃	Fitorremediación	Hg	0,4648 mg/kg	0.2324 mg/kg	50%	Liu et al., 2018
15	Baccharis Salicifolia (Ruiz & Pav	Fitorremediación	Hg	42.9 mg/kg	36.46 mg/kg	23.80 %	Martínez, 2018
16	Pseudomona Putida	Fitorremediación	Hg	2255.41 mg/Kg	847.4 mg/Kg	60%	Pilar, 2019
17	hongo Pleurotus Ostreatus	Fitorremediación	Hg	1090 mg/kg	6.46 mg/kg	99.41%	Ventura, 2016
18	Elodea Sp	Fitorremediación	Hg	1,55 mg/mL	0	100%	Jaramillo et al., 2015
19	Arachis Pintoi	Fitorremediación	Hg	174 mg/kg	132 mg/kg	10%	Diaz et al., 2017
20	Acinetobacter Baumannii Bac143, Bacillus sp. Bac134, Enterobacter sp. Bac114, Klebsiella Pneumoniae Bac123, Pseudomonas sp. Bac17, Pseudomonas sp. Bac138 y Serratia Marcescens Bac156.	Biorremediación	Hg	3,24 mg/kg	1.23 mg/kg	62.42%	Souza et al., 2020
21	Biocarbón derivado de cáscara de arroz (RHB) y una mezcla de	Biorremediación	Hg	78.3 mg/kg	12.3 mg/kg	82.00%	Yi et al., 2021

	Biocarbón derivado de paja de trigo y arroz (RWB)						
22	Nano-selenio	Biorremediación	Hg	25 mg/kg	9 mg/kg	64%	Wang et al., 2017
23	Biorremediación utilizando una cepa bacteriana de Hg Sphingobium SA ₂ y enmienda de nutrientes.	Biorremediación	Hg	280 mg/kg	112 mg/kg	60%	Krishnan et al., 2017
24	Biocarbón de cáscara de arroz	Biorremediación	Hg	20.02 mg/kg	4.57 mg/kg	77.2%	Shen et al., 2021
25	Vermicomposta	Biorremediación	Hg	167.5 mg/kg	16.28mg/kg	73%	Laricano, 2018
26	Compuesto de óxido de grafeno/Fe-Mn funcionalizado con tiol	Remediación	Hg	1000 mg/kg	34 mg/kg	97.60%	Huang et al., 2019
27	Biopilas	Remediación de suelos en biopilas	Hg	8.4 mg/kg	0.4 mg/kg	95%	Díaz, 2014
28	Campos eléctricos	Remediación Electrocinética	Hg	25 mg/kg	10 mg/kg	60%	Rosestolato et al., 2015
29	Ca ²⁺ y magnesio ²⁺ adición enmerainducción del gen (Hg reductasa)	Lavado y Remediación	Hg	120 mg/kg	22.8 mg/kg	81%	Chen et al., 2018
30	L-cisteína	Absorción atómica	Hg	4.9 mg/kg	0.83 mg/kg	80%	Acosta et al., 2019
31	Tiosulfato de amonio	Remediación	Hg	168 mg kg	45.36 mg/kg	73%	Liu et al., 2019
32	Solución de Na ₂ S	Remediación	Hg	168 mg/kg	23.52 mg/kg	86%	Guanghua et al., 2021

33	Brassica juncea, Poa Annua y Helianthus annuus con tiosulfato de amonio, (NH ₄) ₂ S ₂ O ₃	Eliminación de contaminantes biodisponibles	Hg	15.1 mg/kg	0,27 mg/kg	95.70%	Pedron et al., 2013
34	Yodo /yoduro lixiviante	Electrocínética	Hg	250 mg/kg	2.5 mg/kg	99%	Torres, 2017
35	TiAl 10 Ce 20 con adición de Al	Nanotecnología	Hg	80 mg/kg	15.568 mg/kg	80.54%	Caiting et al., 2017
36	Las nanopartículas de selenio amorfo (SeNP)	Nanopartículas	Hg	176,91 mg/kg	3.53 mg/kg	98.70%	Wang et al., 2019
37	Hierro cerivalente a nano escala(nZVI)	Nanopartículas	Hg	2900 mg/kg	290 mg/kg	90%	Gil-Diaz et al., 2017
38	Nanopartículas biogénicas de Se	Nanotecnología	Hg	188 mg/kg	3.83 mg/kg	98%	Pan et al., 2019
39	Nanopartículas residuales del tratamiento del agua (nWTR), cinética de sorción-desorción	Estabilización por nanopartículas	Hg	3.25 mg/kg	0.325 mg/kg	90.05%	Morahem et al., 2019
40	Tiol (-SH) y quitosano	Solidificación/estabilización in situ	Hg	5,2 mg/kg	1.04 mg/kg	81 %	Wang et al., 2020
41	Biocarbón de arroz modificado con S	Solidificación/estabilización	Hg	1000 mg/kg	10 mg/kg	99%	O'Connor et al., 2018

Se muestra que en todas las investigaciones recopiladas existe mucha concentración de contaminación de suelos por mercurio y gracias a las técnicas y microorganismo que existen se ha podido disminuir el contaminante desde un 60 % hasta un 99% de efectividad como se puede observar en la tabla 5, (Torres., 2017) menciona en su investigación que mediante la lixiviación que pudo remover de 150 mg/kg de mercurio en el suelo a 15 mg/kg hasta un 99% de efectividad.

Tabla 6. Condiciones operacionales de removedores de mercurio

N°	Absorbente	Técnica de remoción	Dosis óptima	Temperatura °C	Tiempo de contacto (min)	Observación	Autor
1	Desorción térmica al vacío	Desorción térmica al vacío	Se evaporó a 230 °C durante 2 horas	230 °C	2 horas	Se debería realizar verificaciones periódicas de fugas para evitar emisiones a la atmósfera, puesto que al utilizar temperaturas altas, genera altas concentraciones de Hg en fase gaseosa	Rim et al., 2017
2	Lixiviación de Na ₂	Desorción térmica	Se utilizaron 550 °C y el tiempo de 60 min	550 °C	60 min	Este nuevo método de remediación colaborativo no sólo podría lograr una desorción térmica leve, sino también proporcionar una guía útil para el suelo severamente contaminado con Hg	Guanghua et al., 2019
3	Horno solar rotatorio	Desorción térmica	Radiación global de aproximadamente 800 W/m ² con un tiempo de exposición	400 °C	60 min	Los resultados experimentales mostraron una eficiencia de eliminación superior al	Navarro et al., 2014

			de entre 120 y 300 min			99% cuando el tratamiento térmico alcanza los 400 °C	
4	Microondas con GAC	Desorción térmica	Se utilizó el microondas a 350 °C por 40 min adicionando el GAC	350 °C	40 min	El suelo fue compuesto por 67.7% arena, 28.4% limo y 3.9% arcilla	Cao et al.,2018
5	Tratamiento térmico	Tratamiento térmico	120 L/h de nitrógeno	600 °C	30 min	Los resultados experimentales pueden ser útiles para la eliminación de SLMC mediante tratamiento térmico en la práctica de la ingeniería	Liu et al., 2021
6	SnCl ₂ como aditivo	Tratamiento térmico	Para la oxidación y reducción de Hg se utilizaron 15 mL de una solución de KMnO ₄ al 5 % (p/v) y 6 mL de SnCl ₂ al 12 % (p/v)	700 °C	30 min	Para un tratamiento térmico efectivo de relaves contaminados con Hg, la relación de [Cl ₂]/[Hg] de 1:20 en el rango de temperatura de 225 °C–250 °C durante 20 min en el horno de mufla electrónico	Song et al., 2020

7	Horno eléctrico bajo atmósfera de aire	Tratamiento térmico	Se evaporó a 300 °C a 30 min	300 °C	30 min	Los cambios de pH del suelo durante la desorción térmica están influenciados por el tiempo y la temperatura de calentamiento	Cho et al., 2021
8	Tratamiento térmico suave con carbón a escala de laboratorio	Tratamiento térmico	Se evaporó por 300 °C	300 °C	-----	La tecnología desarrollada es competitiva en costos con los métodos comúnmente utilizados y mejora las propiedades térmicas del combustible. que es muy importante para la combustión del lignito	Chmielnik et al., 2017
9	Ácido cítrico	Tratamiento térmico	---	600 °C	60 minutos	Luego del tratamiento el suelo retuvo la mayoría de sus propiedades fisicoquímicas	Fujun et al., 2015
10	Vaporización	Vaporización	Se utilizaron temperaturas de 100 °C y 400 °C	100 °C y 400 °C	204 días y 2.77 horas	La temperatura óptima de remediación debe evaluarse en función de la cinética de volatilización y desorción térmica de Hg	Min-oh et al., 2020
11	Brassica Juncea	Fitoextracción	---	----	180 a 220 días	Es considerado de bajo costo.	Raj, 2018

12	Festuca Dolichophylla añadiendo tiosulfato de amonio como acelerador químico	Fitoextracción	La dosis óptima fue de 9 meses, añadiendo 5 días antes solución de $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_3$ de 1 y 2 g de tiosulfato por Kg.	---	9 meses	El contenido de T_{Hg} se logró reducir en un 82 %	Arce et al., 2021
13	Uso combinado de compost y yoduro (KI). L. Sativum L.	Fitoextracción repetitiva	Suelo/compost en una proporción de 3/1 + KI (en lo sucesivo, "medio de cultivo" 250 mg kg ⁻¹)	35 °C	60 horas	El proceso de fitorremediación depende de varios factores, incluidas las diferentes capacidades de la planta para acumular Hg	Smolinska et al., 2017
14	Oxalis Corniculata tratada con $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	Fitorremediación	Fue de 2 meses aplicando potenciadores como $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$		2 meses	Se utilizó la aplicación de $(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3, (\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_3, \text{EDTA}$ y DTPA) puede reducir en mayor o menor medida el tiempo de fitorremediación	Liu et al., 2018
15	Baccharis Salicifolia (Ruiz & Pav)	Fitorremediación	-----	37 °C	24 horas	Se concluye que Baccharis Salicifolia (Ruiz & Pav.) Pers es	Martínez, 2018

						fitoestabilizadora, mientras que Schoenoplectus pungens (Vahl) Palla es fitoextractora	
16	Pseudomona Putida	Fitorremediación	La dosis óptima fue de 6 semanas	---	6 semanas	Se concluyó que la fitorremediación con Pseudomona Putida es efectiva contra la remediación del Mercurio	Pilar, 2019
17	Hongo Pleurotus Ostreatus	Fitorremediación	La dosis óptima fue de	---	----	Se redujo de 1090 mg/kg a 6.46 mg/kg	Ventura, 2016
18	Elodea Sp	Fitorremediación	Se utilizó varias concentraciones de una de ellas 1,55 mg/mL que la elodea Sp tuvo eficiencia del 100%	60 °C	4 horas	Se necesita que esté en poca cantidad en la concentración de mercurio para poder reducir fácilmente ello mediante la fitorremediación	Jaramillo et al., 2015
19	Arachis Pintoii	Fitorremediación	Se sembró la Arachis durante 12 semanas luego son puestas en el	-----	12 semanas	Después de la aplicación de Arachis Pintoii se redujo a 132 mg/kg la concentración de mercurio.	Díaz et al., 2017

			suelo contaminado de mercurio de 174 mg/kg				
20	Acinetobacter baumannii Bacl43, Bacillus sp. Bacl34, Enterobacter sp. Bacl14, Klebsiella pneumoniae Bacl20, Pantoea sp. Bacl23, Pseudomonas sp. Bacl7, Pseudomonas sp. Bacl38 y Serratia marcescens Bacl56	Fitorremediación	---	--	---	La inoculación de plantas de maíz con bacterias endófilas son de gran efectividad para la remediación de mercurio	Souza et al., 2020
21	Biocarbón derivado de cáscara de arroz (RHB) y una mezcla de Biocarbón	Biorremediación	(0 % (control), 0,6 % y 3 %) de Biocarbón derivado de	-	-	Según los resultados obtenidos se concluye que RWB y RHB son de gran potencial para mitigar la	Yi et al., 2021

	derivado de paja de trigo y arroz (RWB)		cáscara de arroz (RHB)			acumulación de MeHg en el arroz	
22	Nano-selenio	Biorremediación	Los diámetros de nano-selenio oscilaron entre 10 y 90 nm	26 °C las bacterias	4 a 5 días	C. Freundii Y9 pudo reducir el selenito a partículas de selenio elemental, lo que fue evidente por el cambio de color del medio a rojo/naranja, tanto en tratamientos aeróbicos como anaeróbicos	Wang et al., 2017
23	Biorremediación utilizando una cepa bacteriana volatilizante de Hg Sphingobium SA2 y enmienda de nutrientes	Biorremediación	---	--	7 días	Se estudió el aislado bacteriano de Sphingobium SA2 debido a su tolerancia a las concentraciones de Hg	Krishnan et al., 2017
24	Biocarbón de cáscara de arroz	Biorremediación		40 °C	48 horas	Las muestras de suelo contuvieron 75% arenas y 23 % limo y 2% arcilla	shen et al., 2021

25	Vermicomposta	Biorremediación	vermicomposta en proporciones de 0, 25, 50, 75 y 100 %	----	3 meses	Se logró deducir que a mayor cantidad de vermicomposta no se puede afirmar que habrá mayor remoción del mercurio	Laricano, 2018
26	Compuesto de óxido de grafeno/Fe-Mn funcionalizado con tiol	Remediación	Se preparó SGO/Fe-Mn mezclando 0,8 g SGO/Fe-Mn con 100,0 g de suelo (es decir, una dosis del 0,8 %)		72 días	La textura del suelo correspondió a la clase de franco limoso (34,4% arena, 51,6% limo y 14,0% arcilla)	Huang et al.,2019
27	Biopilas	Remediación de suelos en biopilas	La dosis óptima fue de 10 semanas	-----	10 semanas	Luego de la aplicación de las biopilas mejorar la calidad del suelo y reducido la cantidad de mercurio y se volvió fértil el suelo	Díaz, 2014.
28	Campos eléctricos	Remediación Electrocinética	De 0,782 A que aumentó a 0,821 A después de 1 h, lo que indica un		3 meses	Suelo arcilloso-arenoso	Rosestolato et al., 2015

			aumento de la conductividad del electrolito				
29	Ca ²⁺ y magnesio 2 ⁺ adición encimerA inducción del gen (Hg reductasa)	Lavado y Remediación	Adición de ácido etilendiaminotetraacético 0,1 M o ácido cítrico después de una extracción de 24 h utilizando tiosulfato de amonio 0,5 M		10 horas	Los resultados mostraron que las tres cepas bacterianas crecieron bien en medios que contenían tiosulfato de sodio o tiosulfato de amonio de menos de 0,5 M	Chen et al., 2018
30	L-cisteína	Absorción atómica	Se utilizó la L-cisteína	-----	5 días	Tras el uso de L-Cisteína, se pudo reducir de un 4.9 a 0.92mg/Kg o un 18.7% del mercurio total.	Acosta et al., 2019
31	Tiosulfato de amonio			95 °C	365 días	El pH varió ligeramente luego de aplicada la dosis	Liu et al., 2019
32	Solución de Na ₂ S		Na ₂ S (0,1-0,7 mol/ L), el tiempo de lixiviación (2-24 h) y la	25 °C	4 horas	El proceso de lixiviación para remover mercurio es del 93%	Guanghua et al., 2021

			temperatura de calentamiento (25-80 °C)				
33	Brassica Juncea, Poa Annu y Helianthus Annus con Tiosulfato de amonio, (NH ₄) ₂ SO ₃	Eliminación de contaminantes biodisponibles	---	---	---	La adición de (NH ₄) ₂ S ₂ O ₃ , se utilizó para obtener una estimación de la probable reserva de HG	Pedron et al., 2013
34	Yodo /yoduro lixivante	Electrocinética	Usando 12 / l - lixivante usando células electrocinéticas a escala	60 °C	24 horas	Los valores variaron entre 6,1 y 7,3 para el pH y de 7,5 a 8,9 para la pH, dentro del dominio de alta solubilidad de Hg	Torres, 2017
35	TiAl 10 Ce 20 con adición de Al	Nanotecnología		300 °C	300 minutos	La cantidad de porcentaje de remoción varía de acuerdo al aditivo	Caiting et al., 2017
36	Las nanopartículas de selenio amorfo (SeNP)	Nanopartículas	100 mg L ⁻¹ de POM y la cinética de hetero agregación de las mismas concentración	50 °C	24 horas	El suelo tenía 473.49 μs cm ⁻¹ de conductividad eléctrica	Wang et al., 2019

			es de POM con SeNPs (50 mg L ⁻¹)				
37	Hierro cerivalente a nano escala(nZVI)	Nanopartículas	Se utilizaron dos lodos comerciales nZVI de Toda (RNIP y RNIP-D) y uno de Nano Iron (25S) a diferentes dosis (1, 5 y 10%).	---	72 horas	Conductividad eléctrica de 0.53 ds/m, al término no varia	Gil-Díaz et al., 2017
38	Nanopartículas biogénicas de Se	Nanotecnología	50 mg L ⁻¹ de BioSeNP	---	1 semana	Se utilizó 50 mg L ⁻¹ de bioselenio para poder aplicar a la muestra tratada	Pan et al., 2019
39	Nanopartículas residuales del tratamiento del agua (nWTR), cinética de sorción-desorción	Estabilización por nanopartículas	nWTR a una tasa del 0,3 %	25 °C	24 horas	2.92 ds/m de conductividad eléctrica	Morahem et al., 2019

40	Tiol (-SH) con quitosano	Solidificación/estabilización in situ	4,64 y 38,06 ng g ⁻¹ y entre 5,55 y 27,40 ng g ⁻¹		90 días	La modificación con tiol mejora significativamente los efectos de estabilización de los minerales arcillosos en el Hg del suelo	Wang et al., 2020
41	Biocarbón de arroz modificado con S	Solidificación/estabilización	Biocarbón RH y Biocarbón modificado con S examinadas (1 %, 2 % y 5 %)	550 °C	2 horas	Conductividad eléctrica de 62,2 µs/cm	O'Connor et al., 2018

Como se muestra en la tabla 6 en cada investigación que se encontró se necesitó de un microorganismo, una dosis, un tiempo y a una temperatura requerida para lograr la remoción de mercurio en suelo.

Tabla 7. Características de la muestra de suelo contaminado

N°	Autor	Técnica de remoción	Procedencia de la muestra	Parámetros		Observaciones
				PH inicial	PH final	
1	Rim et al., 2017	Desorción térmica al vacío	----	5	5	Se debería realizar verificaciones periódicas de fugas para evitar emisiones a la atmosfera, puesto que al utilizar temperaturas altas, genera altas concentraciones de hg en fase gaseosa
2	Guanghua et al., 2019	Desorción térmica	----	---	---	Este nuevo método de remediación colaborativo no solo podría lograr una desorción térmica leve, sino también proporcionar una guía útil para el suelo severamente contaminado con hg
3	Navarro et al., 2014	Desorción térmica	Mineros de la mina de hg abandonada del valle del azogue (provincia de Almería, España)	---	---	Los resultados experimentales mostraron una eficiencia de eliminación superior al 99% cuando el tratamiento térmico alcanza los 400 °C
4	Cao et al., 2018	Desorción térmica	Suelos distrito de Wanshan, ciudad de Tongren,	---	---	El suelo fue compuesto por 67.7% arena, 28.4% limo y 3.9% arcilla

			provincia de Guizhou, china			
5	Liu et al., 2021	Tratamiento térmico	----	---	---	Los resultados experimentales pueden ser útiles para la eliminación de SLMC mediante tratamiento térmico en la práctica de la ingeniería
6	Song et al., 2020	Tratamiento térmico	Recolectó de sitios contaminados a 1 km de la mina Cheon-b	---	----	Para un tratamiento térmico efectivo de relaves contaminados con hg, la relación de [cl 2]/[hg] de 1:20 en el rango de temperatura de 225 °c–250 °C durante 20 min en el horno de mufla electrónico
7	Cho et al., 2021	Tratamiento térmico	Tierra alrededor de la mina y el sitio industrial de la provincia de Guizhou, china	Neutro a 100 c	Básico a 300	Los cambios de pH del suelo durante la desorción térmica están influenciados por el tiempo y la temperatura de calentamiento
8	Chmielnik et al., 2017	Tratamiento térmico	----	--	--	La tecnología desarrollada es competitiva en costos con los métodos comúnmente utilizados y mejora las propiedades térmicas del combustible. Que es muy importante para la combustión del lignito
9	Fujun et al., 2015	Tratamiento térmico	Suelo agrícola	-	-	El suelo tratado retuvo la mayoría de sus propiedades fisicoquímicas originales del suelo

10	Min-Oh et al., 2020	Tratamiento térmico	----	5	---	Se debería realizar verificaciones periódicas de fugas para evitar emisiones a la atmósfera, puesto que al utilizar temperaturas altas, genera altas concentraciones de hg en fase gaseosa
11	Raj, D, 2018	Fitoextracción	Minas de carbón	--	---	Se concluye que es de bajo costo y se puede acelerar extendiendo el área y también cultivos.
12	Arce et al., 2021	Fitoextracción	Ananea (Perú, puno)	Entre 6,88 y 7,04	----	Se logró reducir alrededor del 82% de mercurio del suelo.
13	Smolinska et al., 2017	Fitoextracción repetitiva	De suelo contaminado que del medio de cultivo	8.2	6.5	El proceso de fitorremediación depende de varios factores, incluidas las diferentes capacidades de la planta para acumular hg
14	Liu et al., 2018	Fitorremediación	-----	6.3	6.3	Se utilizó la aplicación de potenciadores ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_3$, edta y dtpa) puede reducir en mayor o menor medida el tiempo de fitorremediación
15	Martínez, 2018	Fitorremediación	Mineros de la relavera "el madrigal"	---	----	Se concluye que Baccharis Salicifolia (Ruiz & Pav.) Pers es fitoestabilizadora, mientras que Schoenoplectus Pungens (Vahl) palla es fitoextractora
16	Pilar, 2019	Fitorremediación	Los 4 tratamientos fueron de dosis de 20, 30, 40 y 50 mL mezcladas con 300	6.72	7.49	Se concluyó que la fitorremediación con pseudomona putida es efectiva contra la remediación del Mercurio

			mL de agua por 1 mes y medio			
17	Ventura, 2016	Fitorremediación	Tierra contaminada de mercurio en santa bárbara	---	----	Se redujo de 1090 mg/kg a 6.46 mg/kg
18	Jaramillo et al., 2015	Fitorremediación	Suelo agrícola y agua	---	---	El suelo muestra mejoría después de la fitorremediación con <i>Alodea sp</i>
19	Diaz et al., 2017	Fitorremediación	Suelo colectado en el barrio puente azul	5.4	6.6	Conductividad 0.07 ds/m en un suelo arenoso
20	Souza et al., 2020	Biorremediación	----	---	--	La inoculación de plantas de maíz con bacterias endófitas es de gran efectividad para la remediación de mercurio
21	Yi et al., 2021	Biorremediación	En el área minera de Wanshan hg	-	-	Según los resultados obtenidos se concluye que rwb y rhb son de gran potencial para mitigar la acumulación de Mehg en el arroz
22	Wang et al., 2017	Biorremediación	Tierras de cultivo cerca de Urumqi, china	7.2		<i>C. Freundii</i> y9 pudo reducir el selenito a partículas de selenio elemental, lo que fue evidente por el cambio de color del medio a rojo/naranja, tanto en tratamientos aeróbicos como anaeróbicos
23	Krishnan et al., 2017	Biorremediación	Sur de Australia	7.6, 8.5, 4.2 y 7.02	6.8	Conductividad eléctrica 323, 232, 52, 210 ($\mu\text{s/cm}$), se estudió el aislado bacteriano

						de Sphingobium sa2 debido a su tolerancia a las concentraciones de hg
24	Shen et al., 2021	Biorremediación	Se recolectaron los suelos de la universidad de Tsinghua, Beijing, china	8.1	---	Las muestras de suelo contuvieron 75% arenas y 23 % limo y 2% arcilla
25	Laricano., 2018	Biorremediación	Ananea s.a. – mina rinconada, en una zona minera	---	----	Se logró deducir que a mayor cantidad de vermicomposta no se puede afirmar que habrá mayor remoción del mercurio
26	Huang et al., 2019	Remediación	Campus de la universidad de Nankai, Tianjin, china	8.9	8.3	La textura del suelo correspondió a la clase de franco limoso (34,4% arena, 51,6% limo y 14,0% arcilla
27	Diaz., 2014	Remediación de suelos en biopilas	San Antonio Parroquia Guadalupe, zona minera	6.5	7.3	0.70. Mmhos/cm a 0.46 Mmhos/cm de conductividad eléctrica
28	Rosestolato et al., 2015	Remediación electrocinética	Un sitio industrial ubicado en la parte norte de Italia	8.2		Suelo arcilloso-arenoso
29	Chen et al., 2018	Lavado y remediación	Sitio contaminado con hg ubicado en el sur de Taiwán	7.2		Franco arenoso el suelo

30	Acosta et al., 2019	Remediación	Alrededores del río sur (South River)	---	---	No menciona la calidad del suelo
31	Liu et al., 2019	Remediación	Tierra de cultivo contaminada con hg en el pueblo de da Shuixi	7.45	7.18	El ph vario ligeramente luego de aplicada la dosis
32	Guanghua et al., 2021	remediación	---	---	---	El proceso de lixiviación para remover mercurio es del 93%
33	Pedron et al., 2013	Eliminación de contaminantes biodisponibles	---	--	---	La adición de $(nh_4)_2s_2o_3$, se utilizó para obtener una estimación de la probable reserva de hg
34	Torres., 2017	Electrocinética	-----	6.1	7.3	Los valores variaron entre 6,1 y 7,3 para el pH y de 7,5 a 8,9 para la pH, dentro del dominio de alta solubilidad de hg
35	Caiting et al., 2017	Nanotecnología	-	-	-	
36	Wang et al., 2019	Nanopartículas	Suelo negro tomado de Yanbian, provincia de Jilin, China	8.14		El suelo tenía $473.49 \mu s \text{ cm}^{-1}$ de conductividad eléctrica
37	Gil-Diaz et al., 2017	Nanopartículas	Del antiguo yacimiento minero-metalúrgico del terrenal	6.42	6.42	Conductividad eléctrica de 0.53 ds/m, al término no varía

38	Pan et al., 2019	Nanotecnología	De suelo salino del área de Korla, Xinjiang, China	---	----	Se utilizó 50 mg l ⁻¹ de Bioselenio para poder aplicar a la muestra tratada
39	Morahem et al., 2019	Estabilización por nanopartículas	En Borg Al-Arab, gobernación de Alejandría, Egipto, de suelo calcáreo	8.8		2.92 ds/m de conductividad eléctrica
40	Wang et al., 2020	Solidificación/estabilización in situ	Suelo agrícola de cosecha de arroz	6.8		La modificación con tiol mejora significativamente los efectos de estabilización de los minerales arcillosos en el hg del suelo
41	O'Connor et al., 2018	Solidificación/estabilización	De un campo cerca de un área minera de hg en el sur de china	7.13		Conductividad eléctrica de 62,2 µs/cm

Se puede observar en la tabla 5, que la cantidad de mercurio en el suelo ha sido notoriamente disminuida gracias a las técnicas y microorganismos hasta en un 90% de eficiencia y también mejorando los parámetros fisicoquímicos del suelo como el pH de ello como mencionan varios autores en sus investigaciones.

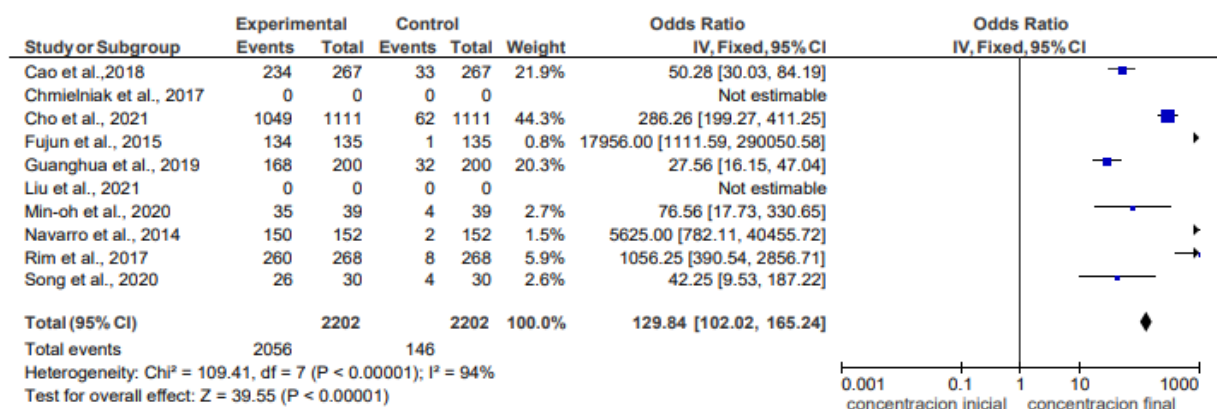
META ANÁLISIS

Para el meta análisis, se dividió en 4 etapas entre las (tratamiento térmico, fitorremediación, biorremediación y nanotecnología) las investigaciones que se incluyeron fueron en total los 10 estudios incluidos.

En la figura 3, se muestran 10 investigaciones sobre la remoción de mercurio en suelos contaminados, mediante las técnicas de tratamiento térmico y desorción térmica, de las cuales fueron de procedencia de Corea, China, España y Polonia, procesadas en el software RevMan 5.4.1. Los autores investigan la cantidad absorbida de mercurio en función a la concentración inicial y final, estas concentraciones fueron evaluadas en programa para meta analizarlas. Las concentraciones luego del método muestran valores inferiores a las iniciales, por lo que se puede decir que hay alto nivel de remoción en varias de ellas.

1 Tratamiento termico

1.1 Tratamiento termico



Risk of bias legend

- (A) Random sequence generation (selection bias)
- (B) Allocation concealment (selection bias)
- (C) Blinding of participants and personnel (performance bias)
- (D) Blinding of outcome assessment (detection bias)
- (E) Incomplete outcome data (attrition bias)
- (F) Selective reporting (reporting bias)
- (G) Other bias

Figura 3. Meta análisis de las concentraciones iniciales y finales de los estudios incluidos para la remoción de mercurio (Hg), mediante las técnicas de tratamiento térmico y desorción térmica.

Para poder realizar la interpretación de la razón de momio se evalúa el efecto del tratamiento en un suelo. Para eso se utilizan los siguientes intervalos:

Odds < 1: El tratamiento disminuye el porcentaje de remoción

Odds > 1: El tratamiento incrementa el porcentaje de remoción

Odds = 1: El tratamiento no presenta ninguna variación

La razón del momio (Odds ratio) presentó un valor de 42.25, por ello se deduce que existe un alto porcentaje de adsorción de mercurio mediante las técnicas expuestas en suelos contaminados. La concentración final es favorecida con la media de la concentración inicial. Las investigaciones demostraron ($I^2 = 94\%$; $p < 0,00001$), lo que resulta que los resultados de las investigaciones y los efectos son heterogéneos.

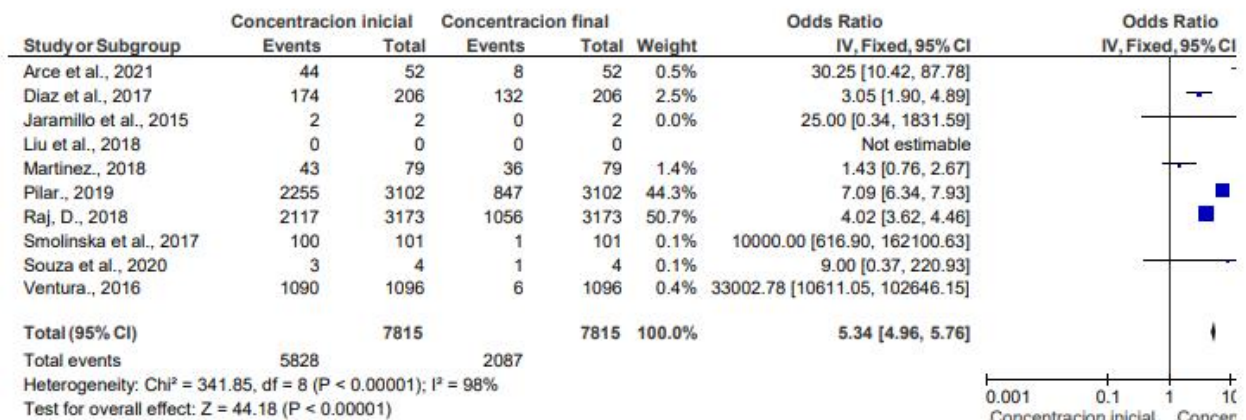
Por otro lado, el polígono promedio del metaanálisis se encuentra alejado de la línea de referencia, y al comparar con la $p < 0.00001$ ($Z=39.55$), se observó que hay una diferencia notable en la comparación de cantidad de mercurio inicial y final.

También, en los valores de peso de las investigaciones incluidas respecto al tratamiento térmico, se visualizó que el estudio de Cho et al. (2021) tiene un peso significativo de 44.3% a diferencia de los demás estudios.

En la figura 4, se muestran 9 investigaciones incluidas sobre la remoción de mercurio en suelos contaminados, mediante las técnicas de fitorremediación y fitoextracción, de las cuales procedieron de la India, Perú, Polonia, China, Colombia y Ecuador, procesadas en el software RevMan 5.4.1. Los autores investigan la cantidad absorbida de mercurio en función a la concentración inicial y final, estas concentraciones fueron evaluadas en programa para meta analizarlas. Las concentraciones luego del método muestran valores inferiores a las iniciales, por lo que se puede decir que hay alto nivel de remoción en varias de ellas.

1 Fitorremediacion

1.1 Fitorremediacion



Risk of bias legend

- (A) Random sequence generation (selection bias)
- (B) Allocation concealment (selection bias)
- (C) Blinding of participants and personnel (performance bias)
- (D) Blinding of outcome assessment (detection bias)
- (E) Incomplete outcome data (attrition bias)
- (F) Selective reporting (reporting bias)
- (G) Other bias

Figura 4. Meta análisis de las concentraciones iniciales y finales de los estudios incluidos para la remoción de mercurio (Hg). Mediante las técnicas de fitorremediación y fitoextracción.

Para poder realizar la adecuada interpretación de la razón de momio se evalúa el efecto del tratamiento en un suelo. Para eso se utilizan los siguientes intervalos:

Odds < 1: El tratamiento disminuye el porcentaje de remoción

Odds > 1: El tratamiento incrementa el porcentaje de remoción

Odds = 1: El tratamiento no presenta ninguna variación

La razón del momio (Odds ratio) presentó un valor de 5.34, por ello se deduce que existe un alto porcentaje de adsorción de mercurio mediante las técnicas expuestas en suelos contaminados. La concentración final es favorecida con la media de la concentración inicial. Las investigaciones demostraron ($I^2 = 98\%$; $p < 0,00001$), lo

que resulta que los resultados de las investigaciones y los efectos son heterogéneos.

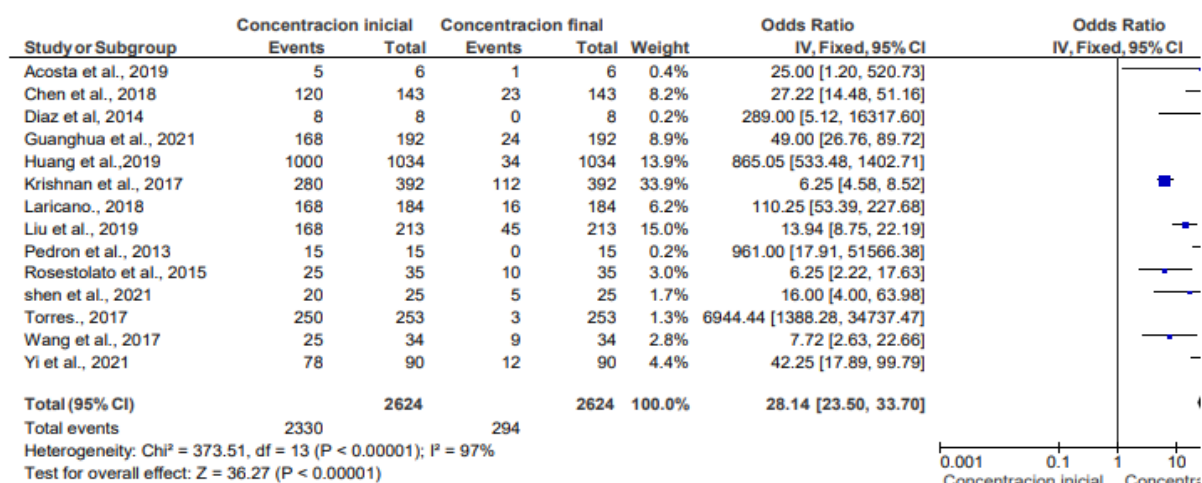
Por otro lado, el polígono promedio del metaanálisis se encuentra alejado de la línea de referencia, y al comparar con la $p < 0.00001$ ($Z = 44.18$), se observó que hay una diferencia notable en la comparación de cantidad de mercurio inicial y final.

También, en los valores de peso de las investigaciones incluidas respecto a la técnica de fitorremediación, se visualizó que los estudios de Rad, D., (2018), tiene un peso significativo de 50.7% a diferencia de los demás estudios.

En la figura 5, se muestran 15 investigaciones incluidas sobre la remoción de mercurio en suelos contaminados, mediante las técnicas de Biorremediación y remediación, los cuales son de procedencia de Brasil, China, Australia, Perú, Ecuador, Italia, Taiwán y Colombia, procesadas en el software RevMan 5.4.1. Los autores investigan la cantidad absorbida de mercurio en función a la concentración inicial y final, estas concentraciones fueron evaluadas en programa para meta analizarlas. Las concentraciones luego del método muestran valores inferiores a las iniciales, por lo que se puede decir que hay alto nivel de remoción en varias de ellas.

1 Biorremediación y remediación

1.1 Biorremediación y remediación



Risk of bias legend

- (A) Random sequence generation (selection bias)
- (B) Allocation concealment (selection bias)
- (C) Blinding of participants and personnel (performance bias)
- (D) Blinding of outcome assessment (detection bias)
- (E) Incomplete outcome data (attrition bias)
- (F) Selective reporting (reporting bias)
- (G) Other bias

Figura 5. Meta análisis de las concentraciones iniciales y finales de los estudios incluidos para la remoción de mercurio (Hg). Mediante las técnicas de Biorremediación y remediación.

Para poder realizar la adecuada interpretación de la razón de momio se evalúa el efecto del tratamiento en un suelo. Para eso se utilizan los siguientes intervalos:

Odds < 1: El tratamiento disminuye el porcentaje de remoción

Odds > 1: El tratamiento incrementa el porcentaje de remoción

Odds = 1: El tratamiento no presenta ninguna variación

La razón del momio (Odds ratio) presentó un valor de 28.14, por ello se deduce que existe un alto porcentaje de adsorción de mercurio mediante las técnicas expuestas en suelos contaminados. La concentración final es favorecida con la media de la concentración inicial. Las investigaciones demostraron ($I^2 = 97\%$; $p < 0,00001$), lo que resulta que los resultados de las investigaciones y los efectos son heterogéneos.

Por otro lado, el polígono promedio del metaanálisis se encuentra alejado de la línea de referencia, y al comparar con la $p < 0.00001$ ($Z=36.27$), se observó que hay una diferencia notable en la comparación de cantidad de mercurio inicial y final

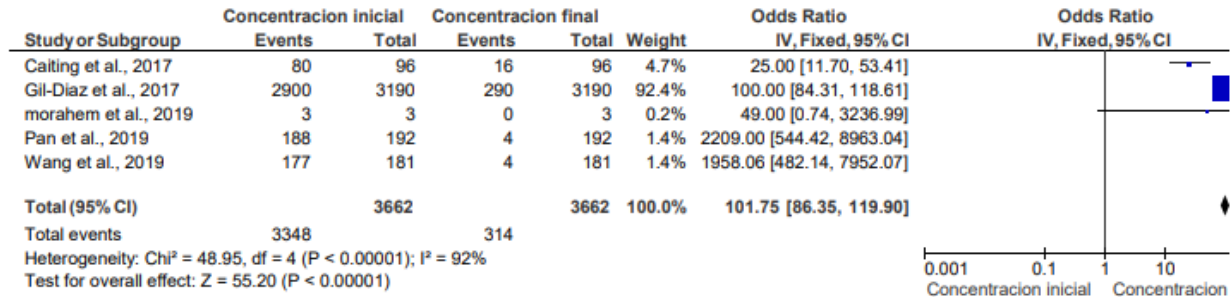
También, en los valores de peso de las investigaciones incluidas respecto a la técnica de biorremediación, se visualizó que el estudio de Krishnan et al. (2017) tiene un peso significativo de 33.9% a diferencia de los demás estudios.

En la figura 6, se muestran 5 investigaciones incluidas sobre la remoción de mercurio en suelos contaminados, mediante la técnica de nanotecnología, los cuales fueron de procedencia de China, España y Egipto, procesadas en el software RevMan 5.4.1. Los autores investigan la cantidad absorbida de mercurio en función a la concentración inicial y final, estas concentraciones fueron evaluadas en programa para meta analizarlas. Las concentraciones luego del método muestran

valores inferiores a las iniciales, por lo que se puede decir que hay alto nivel de remoción en varias de ellas.

1 Nanotecnología

1.1 Nanotecnología



Risk of bias legend

- (A) Random sequence generation (selection bias)
- (B) Allocation concealment (selection bias)
- (C) Blinding of participants and personnel (performance bias)
- (D) Blinding of outcome assessment (detection bias)
- (E) Incomplete outcome data (attrition bias)
- (F) Selective reporting (reporting bias)
- (G) Other bias

Figura 6. Meta análisis de las concentraciones iniciales y finales de los estudios incluidos para la remoción de mercurio (Hg). Mediante las técnicas de nanotecnología.

Para poder realizar la adecuada interpretación de la razón de momio se evalúa el efecto del tratamiento en un suelo. Para eso se utilizan los siguientes intervalos:

Odds < 1: El tratamiento disminuye el porcentaje de remoción

Odds > 1: El tratamiento incrementa el porcentaje de remoción

Odds = 1: El tratamiento no presenta ninguna variación

La razón del momio (Odds ratio) presentó un valor de 101.75, por ello se deduce que existe un alto porcentaje de adsorción de mercurio mediante las técnicas expuestas en suelos contaminados. La concentración final es favorecida con la media de la concentración inicial. Las investigaciones demostraron (I² = 92%; p < 0,00001), lo que resulta que los resultados de las investigaciones y los efectos son heterogéneos.

Por otro lado, el polígono promedio del metaanálisis se encuentra alejado de la línea de referencia, y al comparar con la $p < 0.00001$ ($Z = 55.20$), se observó que hay una diferencia notable en la comparación de cantidad de mercurio inicial y final.

También, en los valores de peso de las investigaciones incluidas respecto a la técnica de nanotecnología, se visualizó que el estudio de Gil-Díaz et al. (2017) tiene un peso significativo de 92.4% a diferencia de los demás estudios.

INTERPRETACION DE GRAFICOS DE EXCEL

En la figura 7 se muestra todas las investigaciones en relación con sus porcentajes de remoción de mercurio mediante técnicas relacionadas al tratamiento térmico



Figura 7. Porcentaje de remoción de todas las investigaciones cuya técnica fue relacionada al tratamiento térmico.

En la figura 7 se visualizó que en el estudio de Liu et al. (2021) tuvieron una capacidad de remoción de mercurio de 99.91%. La remoción menos eficiente fue la de Song et al. (2020), que tuvo un porcentaje de 86.90%, en las 2 investigaciones mencionadas se usó (tratamiento térmico, desorción térmica, vaporización).

En la figura 8 muestra todas las investigaciones en relación con sus porcentajes de remoción de mercurio mediante técnicas relacionadas a la fitorremediación.

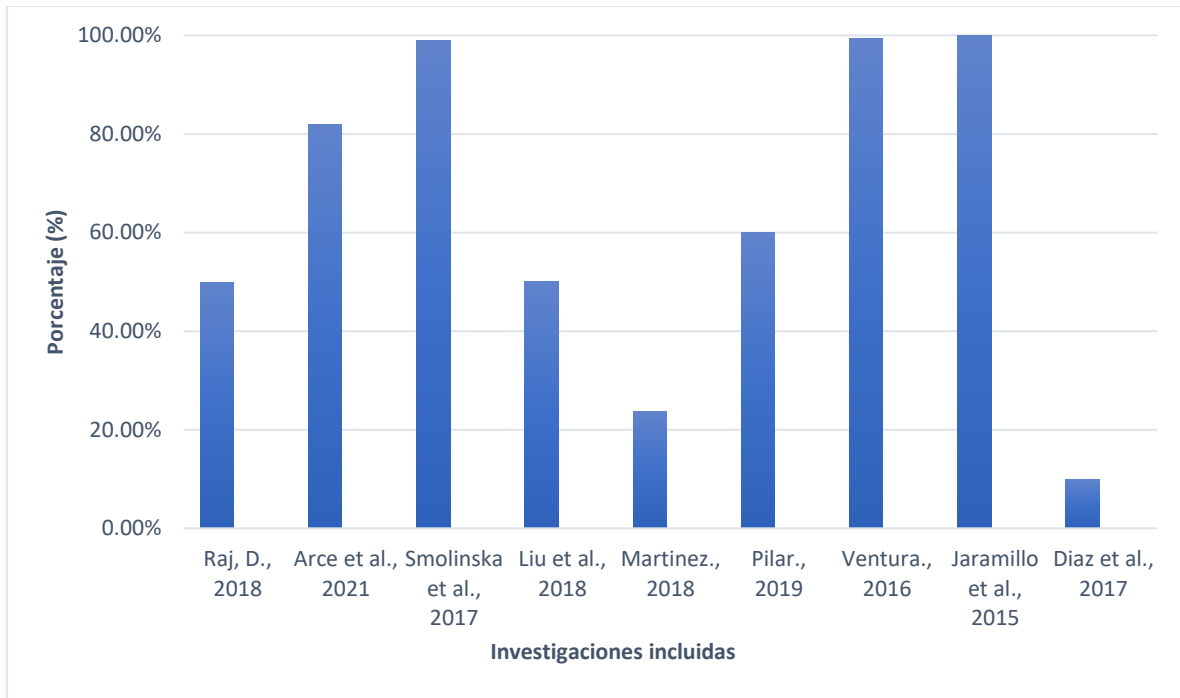


Figura 8. Porcentaje de remoción de todas las investigaciones cuya técnica fue relacionada a la fitorremediación.

En la figura 8 se visualizó que, en el estudio de Ventura et al. (2016) tuvieron una capacidad de remoción de mercurio de 99.41%. La remoción menos eficiente fue la de Martínez, (2018), que tuvo un porcentaje de 23.80%, ambos estudios mencionados se usaron (fitorremediación, fitoextracción, fitoextracción repetitiva). En la figura 9 se muestra todas las investigaciones en relación con sus porcentajes de remoción de mercurio mediante técnicas relacionadas a la nanotecnología.



Figura 9. Porcentaje de remoción de todas las investigaciones cuya técnica fue relacionada a la biorremediación.

En la tabla 10 se visualizó que, en el estudio de Torres et al. (2017) tuvieron una capacidad de remoción de mercurio de 99%. La remoción menos eficiente fue la de los autores Krishnan et al. (2017) y Rosestolato et al. (2015) que tuvo un porcentaje de 60%. En las 3 investigaciones se usó (biorremediación, remediación y electro descontaminación).

V. DISCUSIONES

De los estudios evaluados se puede apreciar que la remoción de mercurio es eficiente dependiendo a la técnica utilizada, pues en esta revisión sistemática se puede apreciar diferentes técnicas de remoción, los resultados mostraron que la mayor eficiencia de remoción fue obtenida al 100%, 99.91%, 99.41% y 99% por las investigaciones de Jaramillo et al. (2015), Liu et al. (2021), Ventura (2016) y Navarro et al. (2014) correlativamente con las siguientes técnicas como fitorremediación, tratamiento térmico, fitorremediación, desorción térmica correlativamente que corresponde a las investigaciones nombradas, también tenemos estudios con baja eficiencia de remoción como un 23.80%, 49.88%, 50% y 60% por las investigaciones de Martínez (2018), Raj, (2018), Liu et al. (2018) y Pilar (2019), Pan et al. (2019), O'Connor et al. (2018) correspondiente mente con las siguientes técnicas como fitorremediación, fitoextracción, fitorremediación, fitorremediación, nanotecnología y solidificación correspondientemente.

Según los estudios de Caiting et al. (2017), Wang et al. (2019), Gil-Diaz et al. (2017), y Pan et al. (2019), obtuvieron valores de remoción del 80.54%, 98.70%, 90% y 98% respectivamente. Los cuatro estudios fueron mediante la técnica de nanotecnología, pero utilizando un diferente absorbente, en el primer estudio se utilizó TiAl 10 Ce 20 con adición al Al, lo cual permitió que se remueva de 80 mg/kg a 15.568 mg/kg, mientras que en el segundo estudio se utilizó nanopartículas de selenio amorfo (SeNP), logrando remover de 176.91 mg/kg a 3.53 mg/kg, mientras que en el tercer estudio se utilizó hierro cerovalente a nano escala (nZVI), logrando remover desde 2900 mg/kg a 290 mg/kg, y finalmente en el cuarto estudio se utilizó nanopartículas biogénicas de selenio, logrando remover desde 188 mg/kg a 3.83 mg/kg de mercurio.

Una de las técnicas más efectivas una de ellas es la de fitorremediación usando *Elodea Sp*, *Oxalis Corniculata* tratada con $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ y *Baccharis Salicifolia* para poder remover mercurio del suelo contaminado de un 1.55mg/kg, 0.4648 mg/kg y 42.9 mg/kg a un 0, 0,2324 mg/kg y 36.46 mg/kg correlativamente y con un

porcentaje de efectividad del 100%, 50% y 23% así lo demuestra Jaramillo et al. (2015), Liu et al. (2018) y Martínez (2018).

Existe otra técnica como absorción atómica con la L-cisteína que tiene la capacidad de remover mercurio de un 4.9mg/kg a un 0.83 mg/kg con un 80% de eficacia así lo menciona Acosta et al. (2019), otra técnica es mediante tratamiento térmico que puede reducir hasta en un 99%, 97%, 93% y 86% de mercurio así lo menciona Liu et al. (2021), Fujun et al. (2015), Chmielnik et al. (2017) y Song et al. (2020), otra técnica es la fitoextracción usando *Festuca Dolichophylla* y *Brassica Juncea* reduciendo de 43.67 mg/kg y 2117 mg/kg a un 7.86 mg/kg y 1056 mg/kg con una efectividad de 82% y 49.88% así lo menciona Arce et al. (2021) en su investigación.

Cada autor aparte que utilizan diferentes microorganismos también se diferencia por el tiempo de aplicación de cada uno de ellos por ejemplo de Jaramillo et al. (2015) mencionar que en 4 horas hace efectivo la aplicación de *Elodea Sp* para remover el mercurio y Souza et al. (2020) que requiere de más tiempo para lograr la remoción; para Liu et al. (2021) se necesitó de 30 min para aplicar el remediador para obtener los resultados a comparación de Chmielnik et al. (2017); mencionar que Arce et al. (2021) en su investigación requiere de un tiempo de 9 meses para llevar a cabo el objetivo a comparación de Raj. (2018) que necesito de 180 días a 220 como demuestra en su investigación. Se puede deducir que, según el tipo de planta y microorganismo, se requiere de tiempos distintos para poder lograr un único objetivo que es remover mercurio así lo mencionan los diferentes autores que se han revisado.

En su investigación de Souza et al. (2020) menciona que también realizó la técnica de fitorremediación con bacterias endófitas reduciendo la concentración de mercurio de un 3,24 mg/kg a 1.23 mg/kg con solo un 62.42% de eficacia a comparación de Jaramillo et al. (2015) que logró el 100% de eficacia para remover mercurio; en su investigación Chmielnik et al. (2017) menciona que hace la remoción mediante tratamiento térmico con carbón de escala térmica reduciendo en un 93% de eficiencia a comparación de Liu et al. (2021) que tuvo

99.91%; en otra investigación con el método de fitoextracción el autor Raj, D. (2018) menciona que usó Brassica Juncea reduciendo el mercurio de 2117 mg/kg a 1056 mg/kg con eficacia de 49.88% a comparación de Arce et al. (2021) que redujo de un 43.67 mg/kg a 7.86 mg/kg de mercurio con un porcentaje de 82% de eficiencia en su investigación.

Según los estudios tenemos a Navarro et al. (2014) y Cho et al. (2021), ambos estudios trataron sobre desorción térmica en el primer estudio logró un porcentaje de remoción del 99% utilizando un horno solar rotatorio a 400 °C por 1 hora , mientras que el segundo autor logró un porcentaje de remoción del 93.8% utilizando un horno eléctrico bajo atmósfera de aire a 300 °C por 30 min, la variación del porcentaje de remoción varía dependiendo de la temperatura y el tiempo y también de acuerdo a qué reactivo se utiliza en cada investigación. También se tiene a Funjun et al. (2015) y Song et al. (2020) que realizaron tratamiento térmico con ácido cítrico y SnCl² como aditivo correlativamente requiriendo de 60 min a 600 °C y 30 min a 700 °C para poder lograr una remoción de 97%, 86% efectiva.

Mediante este informe también tenemos una de las características fisicoquímicas del suelo que uno de ellos es el pH inicial que tienen mercurio y final después del tratamiento de las técnicas que se encontraron, se tiene por ejemplo a Smolinska et al. (2017) que menciona en su investigación que utilizando la técnica fitoextracción de un 8.2 de su pH bajo a 6.5 quiere decir que la técnica de remoción es muy efectiva a comparación de Pilar., (2019) menciona en su investigación que mediante la técnica de fitorremediación su pH fue de 6.72 a 7.49 con un porcentaje de remoción de 60%, logrando remover de 2255.41 mg/kg a 847.4 mg/kg.

También tenemos a Gil-Díaz et al. (2017) que en su investigación que en su técnica de nanotecnología ha mantenido el pH inicial y final de 6.42 teniendo una remoción de mercurio a un 90% efectivo al igual que Lui et al. (2018) en la técnica de fitorremediación mencionar que su pH inicial es igual al final de 6.3 teniendo una eficacia de remoción del 50%, logrando remover 0.4648 mg/kg a 0.2324

mg/kg, ambos mantuvieron sus pH, pero uno tuvo mejor eficiencia para remover el mercurio.

Según los estudios de Wang et al. (2020) y O'Connor et al. (2018), ambos estudios fueron con el proceso de solidificación/estabilización in situ, el primero con absorbente de tiol (-SH) y quitosano obteniendo un porcentaje de remoción del 81%, removiendo de 5.2 mg/kg a 1.04 mg/kg, mientras que el segundo estudio fue con biocarbón de cascaras de arroz modificado con S, el cual obtuvo un porcentaje de remoción del 99%, removiendo de 1000 mg/kg a 10 mg/kg, esto se debe a las condiciones operacionales de cada estudio, el primer estudio su suelo tenía un pH de 6.8, mientras que el segundo estudio tenía un pH de 7.13.

Según los estudios de Caiting et al. (2017) y Morahem et al. (2019) ambos estudios son por nanotecnología, nos relata que el primer estudio con absorbente de TiAl 10 Ce 20 con adición de Al tuvo un porcentaje de remoción de 80.54%, removiendo de 80 mg/kg a 15.568 mg/kg, mientras que el segundo estudio con absorbente de nanopartículas residuales del tratamiento del agua (nWTR), cinética de sorción-desorción, tuvo un porcentaje de remoción del 90.05%, pasando de 3.25 mg/kg a 0.325 mg/kg concluyendo con un buen porcentaje de remoción.

Según los estudios de Liu et al. (2019), observamos que mediante la remediación utilizando tiosulfato de amonio en tierras de cultivo contaminadas con mercurio su pH vario ligeramente de 7.45 a 7.18, mientras que en el estudio de Gil-Díaz et al. (2017) observamos que mediante la aplicación de la nanotecnología usando Hierro cerovalente a nanoescala (nZVI), en tierras de yacimiento minero-metalúrgico con un suelo con conductividad eléctrica de 0.53 ds/m su pH no vario, manteniéndose en 6.42.

VI. CONCLUSIONES

- Se concluyó que la revisión sistemática y el meta análisis demuestran que existen muchas técnicas de remoción de suelos contaminados con mercurio, que son muy eficaces que tienen desde un 20% hasta un 100% de eficacia como lo muestra en la investigación realizada y mencionadas por los autores.
- En las investigaciones incluidas se concluye que existen diversas técnicas de remoción como la fitorremediación, biorremediación, fitoextracción, nanotecnología, tratamiento térmico, solidificación, remediación electrocinética, fitoextracción, las cuales resultaron ser muy eficaces para la remoción de mercurio.
- Se demostró la cantidad antes y después del mercurio de las 41 investigaciones incluidas en el presente trabajo, que se redujeron desde 1000 mg/kg a 1.1 mg/kg obteniendo desde un 10% hasta el 100% de efectividad de remoción dependiendo de la técnica y el tiempo establecido.
- Para la remoción de mercurio se utilizaron microorganismos y organismos de cada técnica que tienen diferente aplicación con un tiempo determinado desde 30 min hasta 3 meses de aplicación y a una temperatura determinada desde 10 °C hasta los 8°C para lograr la eficacia de la remoción de mercurio.
- Los análisis de los 41 estudios demostraron que el pH cambia de 4 a 7 y se mejoró de acuerdo a la cantidad removida de mercurio y la cantidad de aplicación de los microorganismos en el tiempo y temperatura adecuada y necesario para ello.

VII. RECOMENDACIONES

- Realizar investigaciones en medios acuosos que contengan mas de 1 contaminante, para evaluar la afinidad de las técnicas de remoción en medios acuosos.
- Realizar investigaciones en más fuentes como Scielo, Web of Science sobre investigaciones de distintas técnicas relacionadas sobre la remoción de mercurio
- Escoger investigaciones que contengan cantidad de mercurio en suelo antes y después del tratamiento aplicado, para poder estimar el porcentaje de remoción.
- Utilizar una escala de calidad de estudios que más se adapte a la investigación.

REFERENCIAS

- ACOSTA RODRIGUEZ, A, SCOTT NEESE, W. Remediación de sedimentos contaminados con mercurio a través del uso de l-cisteína. *Tecnología. Journal of technology*, 2019, vol. 18. Disponible en: <https://revistas.unbosque.edu.co/index.php/RevTec/article/view/3763>.
- ARCAGNI, M., RIZZO, A., PAVLIN, M., CAMPBELL, L.M., ARRIBERE, M.A., HORVAT, M., GUEVARA. S.R. Mercurio y selenio en la red alimentaria del lago Nahuel huapi, Patagonia, Argentina. *Chemosphere*, 166 (2017), págs. 163 – 173. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.09.085>
- ARCE SANCHO, S., CALDERON CELIS, J., JARECCA CUSACANI, Y. Optimización del proceso de Fito remediación con *Festuca Dolichophylla* y tiosulfato de amonio para mejorar la eficacia de la absorción del mercurio de suelos contaminados con mercurio por la minería del distrito de Ananea Puno-Perú. *Fundacion Dialnet*, 2021, vol. 24, p. 69-76. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8243039#>.
- CÁRDENAS GONZALES, J., TORRE BOUSCOULET, M., MARTINEZ JUAREZ, V., ACOSTA RODRIGUEZ, I. EL USO DE DIFERENTES BIOMASAS FÚNGICAS PARA LA ELIMINACIÓN DE MERCURIO (II) EN SOLUCIÓN. *INACEQ*. 2011, vol. 17, p. 38. Disponible en: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfmkaj/https://www.geoquimica.unic h.mx/Web_Inageq2020/Actas_INAGEQ_Vol17_2011.pdf
- CAO, H., YING CAI, F., BIN JILAO, W., WANG, Y., LIU, C., ZHANG, N., LUA, J. Microwave-induced decontamination of mercury-polluted soils at low temperature assisted with granular activated carbon. *Chemical Engineering Journal*, 2018, vol. 351, p.1067-1075. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2018.06.168>.
- CHEN, S.C., LIN, W.H., CHINO, CC., TSANG, KAO, CM. Development of a two-stage biotransformation system for mercury-contaminated soil

- remediation. Chemosphere, 2018, vol. 200, p. 266-273. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.02.085>.
- CHMIELNIAK, T, SLOWIK, K., SAJDAK, M. Mercury removal by mild thermal treatment of coal. Fuel, 2017, vol. 195, p. 290-298. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2017.01.073>.
 - CHO, k, KANG, J., KIM, S., PUREV, O., MYUNG, E., KIM, H., NAGCHOUL, C. Effect of inorganic carbonate and organic matter in thermal treatment of mercury-contaminated soil. Environmental Science and Pollution Research, 2021, vol. 28, p. 48184-48193. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11356-021-14024-z>.
 - CORTES, M e IGLESIAS, M. 2004. Generalidades sobre Metodología de la Investigación. Universidad Autónoma Del Carmen (en línea). Consultada el 15 de octubre del 2021. México 2004.
ISBN: 968 – 6624 – 87– 2
 - DELGADILLO-LOPEZ, A., GONZALEZ-RAMIREZ, C., PRIETO-GARCIA, F., VILLAGOMEZ-IBARRA, J., ACEVEDO-SANDOVAL, O. Fitorremediación: una alternativa para eliminar la contaminación, tropical and subtropical. Agroecosystems. 2011 [en línea]. fecha de consulta 18 de septiembre del 2021. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/tsa/v14n2/v14n2a2.pdf>.
 - DIAZ, M. ARMIJOS VALAREZ, J. Evaluación de la fertilidad y remediación de suelos mediante la técnica de biopilas en una zona intervenida por pequeña minería en el barrio san Antonio parroquia Guadalupe. 2014. Universidad Nacional de Loja. 2014. Disponible en: <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/17167>
 - GARCIA-HERRUZO, F, RODRIGUEZ-MAROTO, J., GARCIA-DELGADO, R., GOMEZ-LAHOZ, C., VEREDA-ALONSO, C. Column study of the influence of air humidity on the retention of hydrocarbons on soil. Chemosphere, 2000, vol. 41, p. 1167-1172. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0045-6535\(00\)00012-6](https://doi.org/10.1016/S0045-6535(00)00012-6).
 - GLAZER, A.N., y NIKAIDO, H. "Biotecnología Microbiana. Fundamentos de Microbiología Aplicada". Edición: Segunda Editorial: Cambridge University

PressEditor, 1995: 13: 978-0-521-48210-5: disponible en:
<https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/10607/TRABAJO%20FINAL%20cd.pdf>

- GÓMEZ, M.M., 2006. Introducción a la metodología de la investigación científica - Marcelo M. Gómez - Google Libros.
- GOMEZ, MARCIA. Hidrocarburos, Territorio y Medio Ambiente: invitación a una reflexión compleja. En PGN, La Minería y los Hidrocarburos en Colombia: una mirada desde el ministerio público. 2016. (págs. 261-268). Bogotá: Instituto de Estudios del Ministerio Público-IEMP- y Universidad del Sinú.
- GIL-DIAZ, M. ALONSO, J., RODRÍGUEZ-VALDÉS, E., GALLEGO, J.R., LOBO, M.C. Comparing different commercial zero valent iron nanoparticles to immobilize As and Hg in brownfield soil. Science of the Total Environment, vol. 584-585, p. 1324-1332. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.02.011>.
- GLASS, G.V. Primary, secondary, and meta-analysis of research. Educational Researcher, 1976, vol. 10, P. 3-8.
- HERNÁNDEZ ROJAS, Gerardo. (2008). Los constructivismos y sus implicaciones para la educación. Revista Perfiles Educativos, 30 (122), 38-77. Recuperado el 6 de mayo de 2011 de <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/132/13211181003.pdf>.
- HERNÁNDEZ SAMPIERI, R., FERNÁNDEZ COLLADO, C. y BAPTISTA LUCIO, M. del P., METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN. 6. México: s.n. 2014. ISBN 9781456223960.
- HUANG, Y., WANG, M., LI, Z., GONG, Y., Y.ZENG, E. In situ remediation of mercury-contaminated soil using thiol-functionalized graphene oxide/Fe-Mn composite. Journal of Hazardous Materials, 2019, vol. 373, p. 783-790. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.03.132>.
- HOLMES, P, JAME, K.A.F Y LEVY, L.S. Is low-level environmental mercury exposure of concern to human health? Science of the Total Environment, 2009, vol. 408, p. 171-182. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2009.09.043>.

- JAURIXJE, M., TORRES, D., MENDOZA, B., HENRÍQUEZ, M., CONTRERAS, J. Propiedades físicas y químicas del suelo y su relación con la actividad biológica bajo diferentes manejos en la zona de quíbor, estado lara. *Bioagro*. 2013, vol. 25, p. 47-56. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85726736002>
- LARICANO, ERNESTO. 2018. Análisis comparativo de la biorremediación de suelos contaminados con mercurio por actividad minera, aplicando la tecnología de vermicomposta, Universidad Nacional del altiplano, 2018. Disponible en: <http://tesis.unap.edu.pe/handle/UNAP/8584>
- LAST, J.M. (2001). A dictionary of epidemiology. Oxford, UK: Oxford University Press.
- LEE, E, CHO, S., BACK, S., SEO, Y., KIM, S., KO, J. Effect of substitution reaction with tin chloride in thermal treatment of mercury contaminated tailings. *Environmental Pollution*, 2020, vol. 264, p. 114761. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114761>.
- LIU, C, LIU, J., GUO, P., PENG, J., ZHANG, L., LI, Y. Mercury removal from spent low-level mercury catalyst by thermal treatment. *The Canadian Journal of Chemical Engineering*, 2021, vol. 100, p. 236-245. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/cjce.24122>.
- LIU, T., WANG, J., XIN BIN, F., ZHANG, H., ZHU, Z., CHENG, S. Spectral insight into thiosulfate-induced mercury speciation transformation in a historically polluted soil. *Science of the Total Environment*, 2019, vol. 657, p. 938-944. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.12.010>.
- LIU, Z., WANG, L., DING, S., XIAO, H. Enhancer assisted-phytoremediation of mercury-contaminated soils by *Oxalis corniculata* L., and rhizosphere microorganism distribution of *Oxalis corniculata* L. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2018, vol. 160, p.171-177. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.05.041>.

- LÓPEZ CASAPERALTA DE DÍAZ, Patricia. 2021. Remoción de Mercurio de Suelos Contaminados por Actividades Mineras en el Distrito de Mariano Nicolás Valcárcel Anexo de Secocha, Empleando Cepas Bacterianas Nativas y su Evaluación como Potenciales Agentes de Biorremediación [en línea]. Universidad nacional de san Agustín de Arequipa, 2021 Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/20.500.12773/13020>

- LÓPEZ-TEJEDOR, I.; SIERRA, M., RODRÍGUEZ, J., MILLÁN, R. 2010. Estudio de la Absorción y Distribución del Mercurio en Nerium Oleander L. en la Ribera del Río Valdeazogues (en línea). Consultado el 14 de septiembre. Disponible en: http://documenta.ciemat.es/bitstream/123456789/124/1/42726_IC1214.pdf

- LU, G., YUE, C., QIU, G., GUO, M., ZHANG, M. Na₂S Solution Remediation for Heavy Mercury Contaminated Soil. J-STAGE. 2017, vol. p. 155-160. Disponible en: <https://doi.org/10.1252/jcej.16we218>

- MAHBUB, K., BAHAR, M., LABBATE, M., KRISHNAN, K., ANDREWS, S., NAIDU, R., MEGHARAI, M. Bioremediation of mercury: Not properly, exploited in contaminated soils. Appl Microbiol Biotechnol. 2017. 101:963–976.

- MANOSALVA, L. I. A. Remoción de metales pesados por medio de adsorbentes no convencionales. 2008. UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA, Temuco. 2008.

- MARIN, I., ANKER, A., BRITAYEV, T., RICHARD, P. Symbiosis between the Alpheid Shrimp, *Athanas ornithorhynchus* Banner and Banner, 1973 (Crustacea: Decapoda), and the Brittle Star, *Macrophiothrix longipeda* (Lamarck, 1816) (Echinodermata: Ophiuroidea). ZOOLOGICAL STUDIES. 2005, vol. 44, p. 234-241. Disponible en: <https://decapoda.nhm.org/pdfs/27299/27299.pdf>

- MARRERO-COTO, J., AMORES-SANCHEZ, I., COTO-PEREZ, O. Fitorremediación: una tecnología que involucra a plantas y microorganismos en el saneamiento ambiental. ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de

- azúcar. 2012, vol. 46, p. 52-61. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223124988007>
- MARTINEZ MANCHEGO, Luis. 2018. “Evaluación del estado de conservación de suelos contaminados por la relavera el madrigal-Arequipa y propuesta de fitorremediación” Tesis para Optar El Grado Académico de Doctor en Ciencias y Tecnologías Medioambientales. Arequipa – Perú. 2018. Disponible en: https://www.ucv.edu.pe/datafiles/FONDO%20EDITORIAL/Manual_ISO.pdf
 - MEDRANO, H. biorremediación para la contaminación ambiental agropecuaria. RCHSZA. 2006, vol. 2, p. 117-130. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=455545070002>
 - MENDOZA, J, NAVARRO, A., VILADEVALL, M., DOMENECH, M. Caracterización y tratamiento térmico de suelos contaminados por mercurio. SIAGA, 2005, vol. 2, p. 1077-1088. Disponible en: <https://1library.co/document/yenxjw1y-caracterizaci%C3%B3n-tratamiento-t%C3%A9rmico-suelos-contaminados-mercurio.html>
 - MIN-OH, P., HYUN KIM, M., YONGWSEOK-HONG. The kinetics of mercury vaporization in soil during low-temperature thermal treatment. Geoderma, 2020, vol. 363, p. 114150. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.114150>.
 - MORAREM, MOHAMED. Remediation of chromium and mercury polluted calcareous soils using nanoparticles: Sorption –desorption kinetics, speciation and fractionation. Environmental Research, 2019, vol. 170, p. 366-373. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.12.054>.
 - NARESH K., M., 2004. Investigación de mercados: un enfoque aplicado.
 - NAVARRO, A., CAÑADAS, I., MARTINEZ, D., RODRIGUEZ, J., MENDOZA, J. Aplicación de la desorción solar térmica a la remediación de suelos contaminados con mercurio. J Solar Energy, 83 (2009), págs. 1405 – 1414.
 - NAVARRO, A., CAÑADAS, I., M RODRIGUEZ, J. Thermal Treatment of Mercury Mine Wastes Using a Rotary Solar Kiln. MDPI Open Access

- Journals, 2014, vol. 4, p. 37-51. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/min4010037>
- O'CONNOR, David. Sulfur-modified rice husk biochar: A green method for the remediation of mercury contaminated soil. *Science of the Total Environment*, 2018, vol. 621, p. 819-826. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.11.213>.
 - PAZ MAZA, PILAR MILAGROS, 2019. Reducción de mercurio en suelos contaminados del Campamento de la mina Santa Bárbara usando *Pseudomona putida* en Huancavelica, Universidad Cesar Vallejo, 2019. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/static/documents/DirectivaRepositorioInstitucionalUCV.pdf>
 - PEDRON, F., PETRUZZELLI, G., BARBAFIERI, M. Remediation of a Mercury-Contaminated Industrial Soil Using Bioavailable Contaminant Stripping. *Pedosphere*, 2013, vol. 23, p. 104-110. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(12\)60085-X](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(12)60085-X).
 - PROFUNDO, R. Bioaccumulation of mercury, arsenic, cadmium, and lead in plants grown on coalmine soil. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 2019, vol. 25, p. 659-691. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/10807039.2018.1447360>.
 - RAYHAN MAHBUB, K., KRISHNAN, K., ANDREWS, E., VENDE, E., NAIDU, R., MEGHARAJA, M. Bio-augmentation and nutrient amendment decrease concentration of mercury in contaminated soil. *Science of the Total Environment*, 2017, vol. 576, p. 303-309. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.10.083>.
 - RIM LEE, W., EOM, Y., GYU LEE, T. Mercury recovery from mercury-containing wastes using a vacuum thermal desorption system. *Waste Management*, 2017, vol. 60, p. 546-551. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.12.017>.
 - ROCO, M. (2003). "Nanotechnology: convergence with modern biology and medicine". En *Curr Opin Biotechnol*. 14(3), pp 337-346.

- ROLFHUS, A y FITZGERALD, P. La evasión y distribución espacial/temporal de las especies de mercurio en Long Island Sound, CT-NY. *geoquímica Cosmoquim. Acta*, 65 (2001), pág. 407-418.
- ROSESTOLATO, Davide. Electrokinetic remediation of soils polluted by heavy metals (mercury in particular). *Chemical Engineering Journal*, vol. 264, p.16-23. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2014.11.074>.
- D. CUNNINGHAM, S., R. BERTI, G. Remediación de suelos contaminados con plantas verdes: una visión general; (1993). Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02632036>
- SHEN, Z., ZHANG, Z., ZHANG, M., RINKLEBEC, J., MA, Y., HOU, D. Effect of production temperature and particle size of rice husk biochar on mercury immobilization and erosion prevention of a mercury contaminated soil. *Journal of Hazardous Materials*, 2021, vol. 420, p.126646. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126646>.
- SINGH, O.V., JAINISTA, R. K. 2003. Phytoremediation of toxic aromatic pollutants from soil. *Applied and Microbiology Biotechnology*. 63: 128-135. Disponible en: DOI: [10.1007/s00253-003-1425-1](https://doi.org/10.1007/s00253-003-1425-1)
- SMOLINSKA, B, SZCZODROWSKA, A. Antioxidative response of *Lepidium sativum* L. during assisted phytoremediation of Hg contaminated soil. *New Biotechnology*, 2017, vol. 38, p. 74-83. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2016.07.004>.
- SILVIA, S y CORREA, F. Análisis de la contaminación del suelo: revisión de la normativa y posibilidades de regulación económica. *Semestre Económico* [en línea]. Consultada el 08 de septiembre del 2021]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/seec/v12n23/v12n23a2.pdf>
ISSN 0120-6346.
- SOUZA MELLO, I., TARGANSKY, S., PIETRO SOUZA, W., FRUTUOSO STACHACK, F., TEREZO, A., SOARES, M. Endophytic bacteria stimulate mercury phytoremediation by modulating its bioaccumulation and volatilization. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2020, vol. 202, p. 110818. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.110818>.

- TANGAHU, B., SHEIKH, S., BASRI, H., IDRIS, M., ANUAR, N., MUKHLISIN, Y. Una revisión sobre metales pesados (As, Pb y Hg) Utomar porPlantas a través de la Fitorremediación. *Rvdoes decirw Article*. 2011. [en línea].
- VIDAL, J., MARRUGO, J., JARAMILLO, B., PEREZ, L. Remediación de suelos contaminados con mercurio utilizando guarumo (*Cecropia Peltata*). *Ingeniería y Desarrollo*. 2010, vol. 27, p. 113-129. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85215207007>
- VENTURA, DAYSI (2016). Cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus* para la remoción de mercurio en suelos de la comunidad minera Santa Bárbara – Huancavelica. Universidad Cesar Vallejo (2016). Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/912>
- VILLARREAL NUÑEZ, J., NAME TUÑOM, B., GARCIA ESPIO, R. Monitoreo de cambios en la fertilidad de suelos por medio de análisis de laboratorio. *AGRONOMIA MESOAMERICANA*. 2012, vol. 23, p. 301-309. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43724664009>
- WANG, J., SABRY, S., MIN, J., CHRISTOPHER, A., ANN-CHRISTING, S., SHAN-W., XIN BIN, F., JORG, R. Mobilization, Methylation, and Demethylation of Mercury in a Paddy Soil under Systematic Redox Changes. 2021. Disponible en: https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85110966837&origin=inward&txGid=bf28fdb49bdd95469f1e444bfe83d78a&featureToggles=FEATURE_NEW_DOC_DETAILS_EXPORT:1
- WANG, X., ZHANG, D., PAN, X., LEE, D., ALMISNED, F., MORTUZA, M., GADD, G.M. Aerobic and anaerobic biosynthesis of nano-selenium for remediation of mercury contaminated soil. *Chemosphere*, 2017, vol. 170, p. 266-273. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.12.020>.
- WANG, X., PAN, X., GAD, G.M. Heteroaggregation of soil particulate organic matter and biogenic selenium nanoparticles for remediation of elemental mercury contamination. *Chemosphere*, 2019, vol. 221, p. 486-492. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.01.073>.

- WANG, X., PAN, X., GAD, G.M. Immobilization of elemental mercury by biogenic Se nanoparticles in soils of varying salinity. Science of the Total Environment, 2019, vol. 668, p. 303-309. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.457>.
- WANG, J., XING, Y., XIE, Y., MENG, Y., XIA, J., FENG, X. The use of calcium carbonate-enriched clay minerals and diammonium phosphate as novel immobilization agents for mercury remediation: Spectral investigations and field applications. Science of the Total Environment, 2019, vol. 646, p. 1615-1623. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.225>.
- WANG, Y., ÉL, T., YIN, D., HAN, Y., ZHOU, X., ZHANG, G., TIAN, X. Modified clay mineral: A method for the remediation of the mercury-polluted paddy soil. Ecotoxicology and Environmental Safety, 2020, vol. 204, p. 111121. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.111121>.
- WORLD HEALTH STATISTICS 2008. World Health Organization. Consultada el 17 de septiembre del 2021. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/mercury-and-health>
- ZHANG, J., LI., C., ZHAO, L., WANG, T., LI, S., ZENG, G. A sol-gel Ti-Al-Ce-nanoparticle catalyst for simultaneous removal of NO and Hg0 from simulated flue gas. Chemical Engineering Journal, 2017, vol. 313 Pages (1535-1547). Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2016.11.039>.

ANEXOS

ANEXO 1: Operacionalización de la Variable 1: Técnicas de Remoción

Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de Medición
Las técnicas de remoción de mercurio son procesos de recuperación de suelos contaminados (AGUDELO, MACÍAS y SUAREZ, 2005)	Es un método o proceso para poder recuperar suelos o aguas contaminadas por metales pesados mediante diferentes técnicas.	-Tipos de remoción para reducir mercurio en el suelo. -Aplicación y actuación de cada técnica	-Fitodegradación, fitovolatilización, extracción, Fitoestabilización, fitoextracción, -Organismos y microorganismos	Razón

FUENTE: ELABORACION PROPIA

ANEXO 2: Operacionalización de la Variable 2: Suelos contaminadas con mercurio

Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala
Suelo contaminado por mercurio; El mercurio es uno de los pétales más tóxicos, por su complicada y compleja recuperación (MILLAN et.al.,2007)	El suelo contaminado por mercurio trae consigo consecuencias negativas para ello, como la infertilidad de suelo y afectación a la salud humana.	Aplicación de microorganismos frente a los suelos contaminados. Cantidad de concentración de mercurio.	-Actuación de las técnicas de emoción de mercurio en el suelo. - Niveles de calidad del suelo	Razón

FUENTE: ELABORACION PROPIA

Anexo 3: Instrumento de recolección de datos

Ficha 1: Escala de new-Castle Ottawa

Ficha 1. Escala de new-Castle Ottawa							
Título	Técnicas de remoción para suelos contaminados con mercurio: Revisión sistemática y meta-análisis						
Línea de Investigación	Tratamiento y Gestión Ambiental						
Responsables	Oscorima Canchari, Reyely Brillit						
	Hernández Mercado, Renzo Manuel						
Asesor	Dr. Jhonny Wilfredo Valverde Flores						
Autores	Tabla de selección						
	Selección		Resultado			Detalles específicos	
	Representatividad	Exposición	Periodo de aplicación	Cantidad absorbida	Porcentaje de remoción	Seguimiento	Toxicidad
Observaciones							



AHUBER OMAR VASQUEZ ARANDA

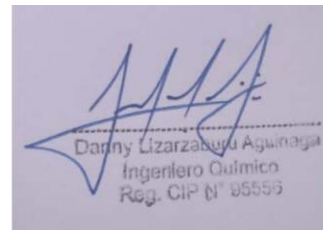
CIP: 92507

DNI 07748967

Telf.: 990077269



LUCERO KATHERINE CASTRO TENA
DNI: 70837735
CIIP: 162994



Danny Lizarzaburu Aguinaga
Ingeniero Químico
Reg. CIP N° 95556

DANNY LIZARZABURU

CIP: 95556

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- I.1. Apellidos y Nombres: **Danny Lizaraburu**
- I.2. Cargo e institución donde labora: **Docente /UCV Lima Norte**
- I.3. Especialidad o línea de investigación: **Medio Ambiente**
- I.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Escala de new-Castle Ottawa**
- I.5. Autor(a) de Instrumento: **Oscorima Canchari Brillit/ Hernandez Mercado Renzo**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

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

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%



Danny Lizaraburu Aguinaga
 Ingeniero Químico
 Reg. CIP N° 85556

DANNY LIZARABURU

CIP: 95556

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- I.1. Apellidos y Nombres: **Lucero Katherine Castro Tena**
 I.2. Cargo e institución donde labora: **Docente /UCV Lima Norte**
 I.3. Especialidad o línea de investigación: **Medio Ambiente**
 I.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Esncala de new-Castle
Ottawa**
 I.5. Autor(a) de Instrumento: **Oscorima Canchari Brillit/ Hernandez Mercado Renzo**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

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

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

95%


 LUCERO KATHERINE CASTRO TENA
 DNI: 70837735
 CIIP: 162994

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- I.1. Apellidos y Nombres: **AHUBER OMAR VASQUEZ ARANDA**
- I.2. Cargo e institución donde labora: **Docente /UCV Lima Norte**
- I.3. Especialidad o línea de investigación: **Medio Ambiente**
- I.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Escala de new-Castle
Ottawa**
- I.5. Autor(a) de Instrumento: **Oscorima Canchari Brillit/ Hernandez Mercado Renzo**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

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

SI



IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85

AHUBER OMAR VASQUEZ ARANDA

CIP: 92507

DNI 07748967

Tel.: 990077269

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

Ficha 2: Características de las investigaciones incluidos en la revisión

Ficha 2. Características de las investigaciones incluidos en la revisión								
Título	Técnicas de remoción para suelos contaminados con mercurio: Revisión sistemática y meta-análisis							
Línea de Investigación	Tratamiento y Gestión Ambiental							
Responsables	Oscorima Canchari, Reyely Brillit							
	Hernández Mercado, Renzo Manuel							
Asesor	Dr. Jhonny Wilfredo Valverde Flores							
N°	Absorbente	Metal	Técnica	Condiciones operacionales	Resultados	Conclusión	País	Referencia
Observaciones								



AHUBER OMAR VASQUEZ ARANDA

CIP: 92507

DNI 07748967

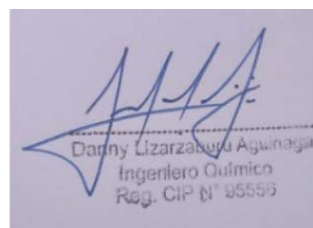
Tel.: 990077269



LUCERO KATHERINE CASTRO TENA

DNI: 70837735

CIIP: 162994



Danny Lizarzaburu Aguinaga
Ingeniero Químico
Reg. CIP N° 85556

DANNY LIZARZABURU

CIP: 95556

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

V. DATOS GENERALES

- V.1. Apellidos y Nombres: **Danny Lizarzaburu**
 V.2. Cargo e institución donde labora: **Docente /UCV Lima Norte**
 V.3. Especialidad o línea de investigación: **Medio Ambiente**
 V.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Características de las investigaciones incluidos en la revisión**
 V.5. Autor(a) de Instrumento: **Oscorima Canchari Brillit/ Hernandez Mercado Renzo**

VI. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

VII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

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

X

VIII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%



DANNY LIZARZABURU
CIP: 95556

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

V. DATOS GENERALES

- V.1. Apellidos y Nombres: **Lucero Katherine Castro Tena**
 V.2. Cargo e institución donde labora: **Docente /UCV Lima Norte**
 V.3. Especialidad o línea de investigación: **Medio Ambiente**
 V.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Características de las investigaciones incluidos en la revisión**
 V.5. Autor(a) de Instrumento: **Oscorima Canchari Brillit/ Hernandez Mercado Renzo**

VI. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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


VII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

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

SI

VIII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

95%


LUCERO KATHERINE CASTRO TENA
 DNI:70837735
 CIIP: 162994

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

V. DATOS GENERALES

- V.1. Apellidos y Nombres: **AHUBER OMAR VASQUEZ ARANDA**
 V.2. Cargo e institución donde labora: **Docente /UCV Lima Norte**
 V.3. Especialidad o línea de investigación: **Medio Ambiente**
 V.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Características de las investigaciones incluidos en la revisión**
 V.5. Autor(a) de Instrumento: **Oscorima Canchari Brillit/ Hernandez Mercado Renzo**

VI. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

VII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

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

SI

VIII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85



AHUBER OMAR VASQUEZ ARANDA

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

CIP: 92507

DNI 07748967

Telf.: 990077269

Ficha 3: Seguimiento de remoción de mercurio

Ficha 3. Cantidad de remoción de mercurio y porcentaje							
Título		Técnicas de remoción para suelos contaminados con mercurio: Revisión sistemática y meta-análisis					
Línea de Investigación		Tratamiento y Gestión Ambiental					
Responsables		Oscorima Canchari, Reyely Brillit Hernández Mercado, Renzo Manuel					
Asesor		Dr. Jhonny Wilfredo Valverde Flores					
N°	Absorbentes	Técnicas de remoción	Metal	Concentración 1 (mg/kg)	Concentración 2 (mg/kg)	Porcentaje de remoción	Autor
Observaciones							

AHUBER OMAR VASQUEZ ARANDA

CIP: 92507

DNI 07748967

Telf.: 990077269

LUCERO KATHERINE CASTRO TENA

DNI:70837735

CIIP: 162994

Danny Lizarzaburu Agunaga
Ingeniero Químico
Reg. CIP N° 95556

DANNY LIZARZABURU

CIP: 95556

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- I.1. Apellidos y Nombres: **Danny Lizarzaburu**
- I.2. Cargo e institución donde labora: **Docente /UCV Lima Norte**
- I.3. Especialidad o línea de investigación: **Medio Ambiente**
- I.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Cantidad de remoción de mercurio y porcentaje**
- I.5. Autor(a) de Instrumento: **Oscorima Canchari Brillit/ Hernandez Mercado Renzo**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

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

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%



Danny Lizarzaburu Aguinaga
 Ingeniero Químico
 Reg. CIP N° 95556

DANNY LIZARZABURU

CIP: 95556

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- I.1. Apellidos y Nombres: **Lucero Katherine Castro Tena**
 I.2. Cargo e institución donde labora: **Docente /UCV Lima Norte**
 I.3. Especialidad o línea de investigación: **Medio Ambiente**
 I.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Cantidad de remoción de mercurio y porcentaje**
 I.5. Autor(a) de Instrumento: **Oscorima Canchari Brillit/ Hernandez Mercado Renzo**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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


III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

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

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

95%


 LUCERO KATHERINE CASTRO TENA
 DNI: 70837735
 CIIP: 162994

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- I.1. Apellidos y Nombres: **AHUBER OMAR VASQUEZ ARANDA**
- I.2. Cargo e institución donde labora: **Docente /UCV Lima Norte**
- I.3. Especialidad o línea de investigación: **Medio Ambiente**
- I.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Cantidad de remoción de mercurio y porcentaje**
- I.5. Autor(a) de Instrumento: **Oscorima Canchari Brillit/ Hernandez Mercado Renzo**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

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

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85



AHUBER OMAR VASQUEZ ARANDA

CIP: 92507

DNI 07748967

Tel.: 990077269

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

Ficha 4: Condiciones operacionales de los removedores

Ficha 4. Condiciones operacionales de los removedores							
Título	Técnicas de remoción para suelos contaminados con mercurio: Revisión sistemática y meta-análisis						
Línea de Investigación	Tratamiento y Gestión Ambiental						
Responsables	Oscorima Canchari, Reyely Brillit						
	Hernández Mercado, Renzo Manuel						
Asesor	Dr. Jhonny Wilfredo Valverde Flores						
N°	Absorbente	Técnica de remoción	Dosis óptima (g/L)	Temperatura °C	Tiempo de contacto (min)	Observación	Autor
Observaciones							



AHUBER OMAR VASQUEZ ARANDA

CIP: 92507

DNI 07748967

Tel.: 990077269



LUCERO KATHERINE CASTRO TENA

DNI: 70837735

CIIP: 162994



Danny Lizarzaburu Aguinaga
Ingeniero Químico
Reg. CIP N° 95556

DANNY LIZARZABURU

CIP: 95556

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- I.1. Apellidos y Nombres: **Danny Lizarzaburu**
- I.2. Cargo e institución donde labora: **Docente /UCV Lima Norte**
- I.3. Especialidad o línea de investigación: **Medio Ambiente**
- I.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Condiciones operacionales de los removedores.**
- I.5. Autor(a) de Instrumento: **Oscorima Canchari Brillit/ Hernandez Mercado Renzo**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

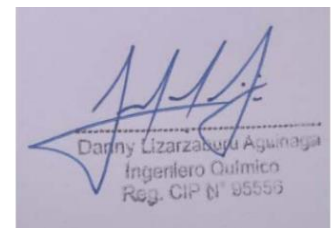
III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

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

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%



DANNY LIZARZABURU

CIP: 95556

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- I.1. Apellidos y Nombres: **Lucero Katherine Castro Tena**
- I.2. Cargo e institución donde labora: **Docente /UCV Lima Norte**
- I.3. Especialidad o línea de investigación: **Medio Ambiente**
- I.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Condiciones operacionales de los removedores**
- I.5. Autor(a) de Instrumento: **Oscorima Canchari Brillit/ Hernandez Mercado Renzo**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

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

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

95%



LUCERO KATHERINE CASTRO TENA
DNI: 70837735
CIIP: 162994

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- I.1. Apellidos y Nombres: **AHUBER OMAR VASQUEZ ARANDA**
- I.2. Cargo e institución donde labora: **Docente /UCV Lima Norte**
- I.3. Especialidad o línea de investigación: **Medio Ambiente**
- I.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Condiciones operacionales de los removedores**
- I.5. Autor(a) de Instrumento: **Oscorima Canchari Brillit/ Hernandez Mercado Renzo**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

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

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85



AHUBER OMAR VASQUEZ ARANDA

CIP: 92507

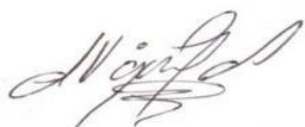
DNI 07748967

Tel.: 990077269

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

Ficha 5: Características fisicoquímicas de la muestra de suelo contaminado

Ficha 5. Características fisicoquímicas de la muestra de suelo contaminado						
Título	Técnicas de remoción para suelos contaminados con mercurio: Revisión sistemática y meta-análisis					
Línea de Investigación	Tratamiento y Gestión Ambiental					
Responsables	Oscorima Canchari, Reyely Brillit					
	Hernández Mercado, Renzo Manuel					
Asesor	Dr. Jhonny Wilfredo Valverde Flores					
N°	Autor	Técnica de remoción	Procedencia de la muestra	Parámetros		Observaciones
				Temperatura °C	pH	
Observaciones						



AHUBER OMAR VASQUEZ ARANDA

CIP: 92507

DNI 07748967

Telf.: 990077269



UCERO KATHERINE CASTRO TENA

INI: 70837735

IIP: 162994



Danny Lizarzaburu Aguinaga
Ingeniero Químico
Reg. CIP N° 95556

DANNY LIZARZABURU

CIP: 95556

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- I.1. Apellidos y Nombres: **Danny Lizarzaburu**
- I.2. Cargo e institución donde labora: **Docente /UCV Lima Norte**
- I.3. Especialidad o línea de investigación: **Medio Ambiente**
- I.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Características físicoquímicas de la muestra de suelo contaminado**
- I.5. Autor(a) de Instrumento: **Oscorima Canchari Brillit/ Hernandez Mercado Renzo**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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


III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

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

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%



Danny Lizarzaburu Aguinaga
 Ingeniero Químico
 Reg. CIP N° 85553

DANNY LIZARZABURU

CIP: 95556

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- I.1. Apellidos y Nombres: **Lucero Katherine Castro Tena**
- I.2. Cargo e institución donde labora: **Docente /UCV Lima Norte**
- I.3. Especialidad o línea de investigación: **Medio Ambiente**
- I.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Características fisicoquímicas de la muestra de suelo contaminado**
- I.5. Autor(a) de Instrumento: **Oscorima Canchari Brillit/ Hernandez Mercado Renzo**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

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

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

95%


 LUCERO KATHERINE CASTRO TENA
 DNI: 70837735
 CIIP: 162994

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

V. DATOS GENERALES

- V.1. Apellidos y Nombres: **AHUBER OMAR VASQUEZ ARANDA**
 V.2. Cargo e institución donde labora: **Docente /UCV Lima Norte**
 V.3. Especialidad o línea de investigación: **Medio Ambiente**
 V.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Características fisicoquímicas de la muestra de suelo contaminado**
 V.5. Autor(a) de Instrumento: **Oscorima Canchari Brillit/ Hernandez Mercado Renzo**

VI. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

VII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

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

SI

VIII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85



AHUBER OMAR VASQUEZ ARANDA

CIP: 92507

DNI 07748967

Telf.: 990077269

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

ANEXO 5: Tabla de etapas

Etapa	Fuente	Técnica	Instrumento	Resultado
Etapa 1: Recolección de información	Base de datos encontrados en internet	Observación	Matriz de categoría: Ficha 1: secuencia de revisión sistemática	Información recolectada sobre la remoción de suelos
Etapa 2: Selección de técnicas	Investigación de documentos de internet	Revisión documental	Matriz de categoría	Selección de técnica
Etapa 3: criterios de inclusión y evaluación de calidad	Selección de investigaciones	Revisión documental	Matriz de categoría	Selección investigaciones de calidad

FUENTE: ELABORACION PROPIA