



Universidad César Vallejo

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Tipos de arcillas para remoción de arsénico en medio acuoso:
Revisión sistemática

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Ambiental

AUTORES:

Lopinta Lefoncio, Rodrigo Martin (orcid.org/0000-0003-1950-1078)

Vela Calle, Angie Lisseth (orcid.org/0000-0003-3403-6928)

ASESOR:

Dr. Sernaque Auccahuasi, Fernando Antonio (orcid.org/0000-0003-1485-5854)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA – PERÚ

2022

Dedicatoria

A mis padres con amor: Domingo Lopinta Villa y Martina Lefoncio Alarcon, por su gran esfuerzo, comprensión y apoyo incondicional que me brindaron a largo de mi proceso de estudios, a mis hermanas por motivarme y apoyarme cuando lo necesitaba. Gracias por confiar en mí, por cuidarme y ayudarme a cumplir una de mis metas.

Rodrigo Martin Lopinta Lefoncio

Dedicatoria

A mis estimados padres: Matilde María Calle Calle, César Augusto Vela Feijoo y José Luis Merino Flores, a quien considero como mi segundo padre, por su gran esfuerzo para que culminara mis estudios. Gracias por ser parte de este logro tan importante y por siempre confiar en mí.

Angie Lisseth Vela Calle

Agradecimientos

A Dios, por ser nuestro guía y permitirnos la vida y la salud para culminar esta etapa.

Al Dr. Fernando Antonio Sernaque Auccahuasi a quien le expresamos nuestro más profundo agradecimiento por su exigencia, preocupación y orientación brindada en el transcurso del desarrollo de nuestra tesis.

Al Dr. Alejandro Suarez Alvites por estar dispuesto a brindarnos orientación con sus conocimientos.

A mi madrina, la Mg. Marcela Babilonia Zevallos a quien expreso mis más sinceros agradecimientos por brindarme su apoyo cada vez que lo solicité y su constante seguimiento en todo el trayecto de mi formación profesional.

A Roger Babilonia Piña y a su esposa Marcela Zevallos Cisneros, por abrirme las puertas de su hogar, por su apoyo, por sus consejos y su constante exigencia para impulsarme a salir adelante, brindada desde el primer día que empezaron mis estudios.

Índice de contenidos

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimientos	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
III. METODOLOGÍA	13
3.1. Tipo y diseño de investigación	13
3.2. Diseño de investigación	13
3.2. Categorías, subcategorías y matriz de categorización.....	14
3.3. Escenario de estudio.....	16
3.4 Participantes	16
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	16
3.6. Procedimientos	17
3.7. Rigor científico	18
3.8. Método de análisis de información.....	20
3.9. Aspectos éticos	21
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
V. CONCLUSIONES	58
VI. RECOMENDACIONES	59
REFERENCIAS	60
ANEXOS	78

Índice de tablas

Tabla 1. Estándares de Calidad del Agua en el Perú - Categoría 1 Población y Recreacional - Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable.....	9
Tabla 2. Método de preparación de arcilla aplicada para la remoción de arsénico en medio acuoso.....	23
Tabla 3. Condiciones óptimas de los parámetros de adsorción de arsénico en medio acuoso.....	44
Tabla 4. Efectos de los parámetros en la remoción de arsénico en medio acuoso.....	50

Índice de figuras

Figura 1. Unidad estructural del tetraedro de silicio y octaedro de aluminio o magnesio.....	10
Figura 2. Principales tipos de arcillas halladas para la remoción de arsénico en la revisión de la literatura	22

RESUMEN

Las arcillas son minerales con gran potencial para hacer frente a los problemas de contaminación de arsénico, la cual tiene tendencia a mostrarse en las aguas subterráneas. El objetivo de esta investigación fue determinar los tipos de arcillas para la remoción de arsénico en medio acuoso. Para este fin, se realizó una búsqueda exhaustiva de artículos publicados sobre el tema en bases de datos académicos como: Scopus, Sciencedirect, Scielo, Conicet, IOPScience, NCIB, SEMANTIC SCHOLAR y Springer, bajo los criterios de búsqueda específicos, obteniendo así 51 artículos seleccionados en idioma inglés y español, abordados desde los años 2013 a 2022. Concluyendo que, de entre la amplia cantidad de arcillas presentes, los tipos de arcillas más resaltantes son las bentonitas (26%) y las arcillas previamente modificadas o con alto contenido montmorillonítico.

Palabras clave: Arcillas, parámetros de remoción, preparación, arsénico.

ABSTRACT

Clays are minerals with great potential to deal with arsenic contamination problems, which tend to show up in groundwater. The objective of this research was to determine the types of clays for the removal of arsenic in an aqueous medium. For this purpose, an exhaustive search of articles published on the subject was carried out in academic databases such as: Scopus, Sciencedirect, Scielo, Conicet, IOPScience, NCIB, SEMANTIC SCHOLAR and Springer, under the specific search criteria, thus obtaining 51 articles. selected in English and Spanish, addressed from the years 2013 to 2022. Concluding that, among the large amount of clays present, the most outstanding types of clays are bentonites (26%) and previously modified clays or with high montmorillonite content.

Keywords: Clays, removal parameters, preparation, arsenic.

I. INTRODUCCIÓN

La contaminación por presencia de arsénico (As) tiene mucha relevancia a nivel mundial y porciones de América Latina (LA) se encuentran entre las regiones más afectadas (Iriel, 2019, p. 23). Esta puede darse de diferentes formas, ya sea por procesos naturales o impulsadas por actividades antrópicas como la extracción de minerales (Uppal et al., 2019, p.5), o las actividades ganaderas (Liu et al., 2021, p. 1), siendo las primeras las que más contaminan. Cabe resaltar, entre los 200 minerales que contienen naturalmente As, 20% están en forma de arsenitos, arseniuros, silicatos, óxidos y arsénico elemental, 20% son sulfuros y sulfosales, y el 60% están en forma de arseniato (Francisca y Carro, 2014, p.12), cabe destacar que los metales pesados son clasificados como, aquellos elementos químicos con densidad superior a 4 g/cm^3 y un peso atómico superior a 20 (Danková et al., 2018, p. 5).

El arsénico y sus compuestos se utilizan en la agricultura, la alimentación del ganado, la medicina, la electrónica, la metalurgia, los agentes de guerra química, etc. (Shaji, 2021, p.2). Es de interés en términos de problemas ambientales e impactos en la salud debido a su fácil movilización que tiene en el ambiente (Meichtry et al., 2015, p.32), ya sea por agua o suelo, además es un elemento químico ampliamente distribuido en el ecosistema, que se puede encontrar de manera orgánica e inorgánica, en diferentes estados de oxidación (Mondal et al., 2013, p.7). Este metaloide en el ambiente tiene diferentes impactos, los cuales dependen de las concentraciones en que se encuentre presente (Rangel et al., 2015, p. 20). En el caso por la existencia de este metaloide en suelo, puede generar una estimulación al crecimiento de las plantas, como también disminuir su rendimiento, dependiendo de las concentraciones y el tipo de planta, pudiendo degradar la clorofila en el follaje y como consecuencia inhibir de producción de enzimas (Hernández, 2015, p. 20).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) señala que la concentración máxima permitida de arsénico en el agua potable es de $10 \text{ } \mu\text{g/L}$ (Acuña-Piedra, 2016, p. 24). Un tercio del As existente, proviene de fuentes naturales como meteorización de

minerales, emisiones volcánicas y actividades biológicas, el resto es generado por actividades antrópicas (Montoya, Hernández y Escareño, 2015, p.25). Las deficiencias en los sistemas de tratamiento para eliminar el arsénico del agua subterránea para aplicaciones potables en comunidades de bajos ingresos (Duong et al., 2021, p. 1), contribuyen al consumo con concentraciones considerablemente altas en alimentos y bebidas, las cuales causan toxicidad aguda y crónica, y está asociada a contraer problemas cancerígenos (Meyer et al., 2015, p. 1439).

A nivel nacional, la exposición de arsénico se extiende a diversas poblaciones rurales, especialmente regiones cuyo abastecimiento de agua depende de las aguas subterráneas provenientes de la Cordillera de los Andes, las cuales son fuentes potenciales de arsénico desarrollado de manera natural (Apaza y calcina, 2014, p. 52). Teniendo en cuenta esto, el empleo de las arcillas para remover el arsénico son tecnologías que han ganado mucha relevancia, (Rahim y Haris, 2015, p.33) y por la infinidad de aplicaciones que se le pueden dar, se le han atribuido muchos estudios, (Porta, López-Acevedo y Roquero, 2003, pg. 128) sobre todo porque son materiales naturales bien conocidos, por su facilidad de uso, accesibilidad y bajo costo. Además, la capacidad de adsorción se puede incrementar modificándose con ácidos, bases, tensioactivos catiónicos y polioxocaciones (Hua, 2015, p.12).

A partir de la realidad presentada, se plantea el problema general: ¿Cuáles son los tipos de arcillas utilizadas para remover arsénico en medio acuoso? Por tal motivo, el proyecto plantea además las siguientes preguntas específicas, ¿Cuáles son los métodos de preparación de arcillas aplicadas para el proceso de remoción de arsénico en medio acuoso?, ¿Cuáles son las condiciones óptimas de los parámetros de remoción de arsénico en medio acuoso? Y finalmente, de ¿Cuáles son los efectos de los parámetros en el proceso de remoción de arsénico en medio acuoso? Se justifica teóricamente, llena un vacío de conocimiento y porque sirve a los tomadores de decisiones a dar una solución a los problemas, (Acuña-Piedra, 2016, p. 24) y como base para promover futuros proyectos enfocados en el uso de arcillas, las cuales son un material accesible y de bajo presupuesto, que ha demostrado ser prometedor en la remoción del contaminante y con potencial para

ser aplicable en nuestra realidad así como se aplicó en los artículos consultados (Jo et al., 2021, p.12).

Como objetivo general se planteó Determinar los tipos de arcillas para la remoción de arsénico en medio acuoso y de la misma manera se planteó los objetivos específicos: Identificar los métodos de preparación de arcillas aplicadas para la remoción de arsénico en medio acuoso, Identificar las condiciones óptimas de los parámetros de remoción de arsénico en medio acuoso, e Identificar los efectos de los parámetros en el proceso de remoción de arsénico en medio acuoso. De tal manera prevenir impactos negativos en el ambiente, como también enfermedades y/o efectos nocivos al consumo o contacto con este metaloide.

II. MARCO TEÓRICO

Existen muchos minerales arcillosos utilizados a lo largo de los años para la eliminación de arsénico del agua en la literatura, entre ellos tenemos algunos muy representativos para la investigación:

(Hua, 2018), en su investigación emplearon PMBt (inórgano-órgano-bentonita) para la eliminación de arsénico en bajas concentraciones, se desarrolló mediante la modificación de bentonita con óxidos de manganeso y poli (cloruro de dimetildialilamonio) (PDMDAAC). Se caracterizó el material, descubriéndose una estructura amorfa. Para dicha investigación estudiaron el tiempo de agitación, concentraciones de arsénico, dosis de adsorbente, temperatura, pH, aniones agregados, fuerza iónica, cinética de adsorción y equilibrio del arsénico, como parámetros de adsorción. Los resultados demostraron que los cambios en el pH de la solución tuvieron un gran impacto en la adsorción de arsénico, que fue inhibida en gran medida por el anión fosfato. El modelo lineal de pseudo segundo orden se adaptó mejor a los datos cinéticos de adsorción, aunque el modelo no lineal de Bangham también se ajustó bien. Las isotermas de Brunauer-Emmett-Teller, Freundlich y Redlich-Peterson, así como la regresión lineal y no lineal, se utilizaron para modelar con precisión los datos de equilibrio. La isoterma de Langmuir no lineal se adaptó bien a los datos, con una capacidad de adsorción máxima que oscilaba entre 9,14 y 9,99 mg/g, según la función de error elegida. Se concluyó que

el material híbrido exhibió una superficie heterogénea y una alta afinidad por el arsénico, lo que lo hace excelente para la adsorción de arsénico.

Baigorria et al. (2020); tuvieron como objetivos principales, la creación y caracterización de perlas de hidrogel de polivinil alcohol (PVA) y alginato (Alg) respetuosas con el medio ambiente que incorporan bentonita natural (Bent) como posibles dispositivos beneficiosos para la eliminación de As del agua contaminada. Las perlas obtenidas se caracterizaron ampliamente mediante análisis térmico (calorimetría diferencial de barrido y análisis termogravimétrico), grado de entrecruzamiento evaluando la fracción de gel (GF), capacidad de hinchamiento, aspectos morfológicos (por microscopía electrónica de barrido), grupos funcionales e interacciones (por FTIR), y finalmente, la eficacia de las perlas como adsorbente de arsénico se probó mediante el tratamiento de soluciones acuosas por lotes. Se encontró que las perlas húmedas eran muy porosas y esféricas mediante exámenes morfológicos. Además, las perlas con el mayor contenido de PVA absorbieron más agua, pero la adición de arcilla a los hidrogeles redujo la hinchazón y aumentó la GF. Se investigó el comportamiento de adsorción de perlas hacia As en términos de relación PVA/Alg, carga de arcilla y tiempo de contacto, cuyos resultados revelaron claramente que la inclusión de arcilla juega un papel importante en la eliminación de As, ya que las perlas de PVA/Alg sin relleno no pudieron extraerla.

Doušová et al. (2018); señala que la presencia de impurezas en las arcillas degrada su calidad de muchas maneras, mientras que la disponibilidad de oxidantes a base de Fe puede mejorar significativamente la capacidad de las arcillas para unirse a partículas aniónicas. En la presente investigación, se utilizaron dos arcillas naturales ricas en Fe (caolín y bentonita) que fueron tratadas antes de ser utilizadas para absorber oxianiones As(V) de soluciones modelo. La adsorción de arsénico en arcillas crudas fue lenta y restringida en ausencia de iones Fe/Mn, en cambio los iones Fe/Mn y los oxianiones As se adsorbieron conjuntamente sobre una superficie adsorbente durante la coadsorción. Tanto las partículas de Mn como las de Fe tenían una fuerte afinidad de sorción por la superficie de la arcilla, pero solo las partículas de Fe mejoraron significativamente la adsorción de As (el 80 por ciento de As se eliminó en el sistema Fe/As, en comparación con sólo el 30 por

ciento en el sistema Mn/As). En comparación con el uso de adsorbentes pre modificados con Fe/Mn, la cinética de la coadsorción reveló un proceso más dinámico, con todos los mecanismos correspondientes a la velocidad de primer orden. Finalmente, en adsorbentes pre modificados, el arsénico se estabilizó bien.

Foroutan et al. (2019); Evaluaron los datos de equilibrio de los procesos de adsorción de arsénico(V) con arcilla (0) y con compuestos de arcilla modificada con Hierro (Fe) - Manganese (Mn). Por lo tanto, se preparó y se caracterizó por microscopía electrónica de barrido (EDX), difracción de rayos X (XRD), técnicas termogravimétricas de análisis (TGA) y microscopía de fuerza atómica (AFM). Los parámetros a considerar fueron el pH inicial, temperatura, dosis de sorción y tiempo de contacto, sobre la eficiencia y el comportamiento del proceso de adsorción de arsénico (V). Freundlich ($R^2 = 0,945$ y $0,989$), Langmuir ($R^2 = 0,922$ y $0,931$), Langmuir modificado ($R^2 = 0,921$ y $0,929$) y Dubinin-Radushkevich ($R^2 = 0.706$ y 0.723) se ajustaron modelos para evaluar los datos de equilibrio del proceso de adsorción de As(V) por arcilla natural y compuesto de arcilla / Fe-Mn. Según los resultados, la arcilla natural y la arcilla/Fe-Mn son adsorbentes adecuados y reciclables para la adsorción de arsénico (V) a partir de soluciones acuosas. Además, el compuesto de arcilla con hierro y manganeso puede mejorar la eficiencia de la arcilla en la eliminación de As(V).

Iriel et al. (2020); Investigaron los mecanismos de adsorción de As(V) con montmorillonita modificada con hierro (Fe-Mt) mediante análisis desde perspectivas cinéticas y de equilibrio, donde se evaluó la aplicabilidad de Fe-Mt para eliminar As(V) del agua subterránea. Para esta investigación se modificó la montmorillonita, en donde se preparó una solución de Fe(III), la solución se mantuvo a temperatura ambiente durante 4 horas, seguidamente se agregó Mt a la solución de Fe(III) para obtener una relación de Fe/Mt de 60 mmol Fe g⁻¹. Luego las muestras de Mt y Fe-Mt fueron caracterizados por dispersión de rayos X de ángulo pequeño (SAXS) y dispersión de rayos X de ángulo amplio (WAXS), para determinar los cambios en el espaciado entre las capas, seguidamente se evaluó ciertos parámetros en la solución como el pH presente era de 4, 6 y 8. Se evaluó el efecto del tiempo de contacto (cinética), respecto a la adsorción de As(V) de 1 mg/L con 0.15 g de adsorbente (Fe-Mt), fue agitada mecánicamente (300 rpm) durante 24 hrs. Como

resultado la capacidad de adsorción de As(V) del Fe-Mt tuvo una fuerte dependencia de las propiedades fisicoquímicas de las soluciones, en particular la capacidad de adsorción fue mayor a valores bajos de pH, sin embargo, se observó un buen desempeño a valores neutros 7, se pudo observar que la máxima capacidad de adsorción fue de 6.3 g/kg, utilizando los modelos de Langmuir y Freundlich y el tiempo de equilibrio fue 20 min.

Francisca y Carro (2014); se planteó evaluar el efecto y dosis de coagulante, naturaleza y cantidad de partículas, en la metodología se utilizó dos floculantes convencionales, el sulfato de hierro (FeSO_4) y el cloruro férrico (FeCl_3) con dosis de 5 mg/L a 500 mg/L de coagulantes, 0 a 6000 mg/L de coloides de tamaño de (<2 mm), en el proceso de precipitación se tomaron en cuenta el pH, tiempo de mezcla, el estado de oxidación, temperatura, presencia de otros solutos inorgánicos y concentración inicial de arsénico. Se determinó que la presencia de los óxidos, montmorillonita, hidróxidos de hierro y aluminio en el proceso de remoción, obtuvo una remoción de 0 a 5 mg/L de arsénico. Los resultados indicaron que la remoción de As(III) fue menos efectiva, por lo cual se le agregó hipoclorito de sodio para convertirlo a As(V).

Jo et al. (2021); resaltaron que los adsorbentes en polvo tienen una alta capacidad de adsorción de arsénico (As). Sin embargo, la canalización en el lecho de adsorción reduce la eficacia de los adsorbentes en polvo y el polvo se libera del lecho. Las dificultades se pueden resolver peletizando el adsorbente de potencia, y se ha recomendado la bentonita como aglutinante para aumentar la resistencia. Se utilizó una investigación por lotes y columnas para determinar la capacidad de adsorción y la vida útil del adsorbente peletizado. La inclusión de bentonita redujo la capacidad de adsorción del gránulo en un 16 por ciento, pero aumentó la resistencia a la compresión del adsorbente en 3,6 veces. El adsorbente peletizado tuvo una capacidad de adsorción máxima de 22,2 mg As/g en la prueba por lotes, que es alrededor del 40 % del adsorbente en polvo.

Rezvani et al. (2018); el objetivo de este estudio fue evaluar el desempeño de gránulos de arcilla y nanoarcilla para mejorar la calidad fisicoquímica y biológica del agua. Para este propósito, se crearon gránulos de arcilla con una mezcla del 50 por

ciento de arcilla y nanoarcilla con un diámetro promedio de 5 mm y se calentaron en un horno a 1000 °C durante 7 horas. Durante 24 horas se colocaron 150 g de cualquier tipo de gránulo en un sistema cerrado con 300 ml de agua sintética contaminada. Luego se determinaron las concentraciones de metales pesados (plomo y arsénico), aniones (nitrato), turbidez, conductividad eléctrica y contaminación microbiológica (coliformes). Los resultados demostraron ser casi eficientes en la reducción de nitrato, arsénico, turbidez y conductividad eléctrica, pero inútiles para eliminar la contaminación microbiológica. Al mismo tiempo, los resultados revelaron que el rendimiento de adsorción de la nanoarcilla es sustancialmente mayor que el de la arcilla.

Bentahar et al. (2016); En su investigación se tuvo como objetivo determinar la conducta de la adsorción de arsénico en materiales arcillosos de Marruecos. Utilizaron cinco tipos de arcillas para determinar cuál sería recomendable como material efectivo y de bajo costo para limitar la movilidad del arsénico (V) en aguas contaminadas, iniciando la caracterización con trituración manual de arcilla y fracciones por debajo de 0.177 mm, el cual pasó por un tamizado metálico, luego pasó por patrones de difracción de rayos X (XRD), se obtuvieron gránulos después de 2 min de presión a 145.000 psi, las medidas de rango fueron 4000-400 cm^{-1} . Se midió el pH de equilibrio de las 5 arcillas a $m/v = 1 \text{ g.L}^{-1}$ con una fuerza iónica constante (0.01 M NaNO_3) utilizando un Malvern zetameter (Zetasizer Nano Z), el rango de pH varió de 2 a 12, y la pérdida de masa de las muestras de arcilla se midió utilizando una termogravimetría (Mettler Toledo), con un rango de temperatura de 40 a 800 °C con una velocidad de calentamiento de 20 °C. min^{-1} . En resultado, la adsorción de arsénico en las arcillas podría controlarse mediante la presencia de óxido de hierro, y la influencia del pH mostró que la adsorción de arsénico(V) aumentó en medio ácido.

Almasri et al. (2018); En su investigación se tuvo como objetivo determinar la arcilla de montmorillonita cruda y montmorillonita modificada con hidroxihierro en la eliminación de arsenito (As (III)), para comparar y evaluar los procesos de adsorción bajo condiciones como dosis de adsorbente, carga de hierro, tiempo de contacto, pH y concentración inicial de As. Para ello, se realizó la caracterización de las nanoarcillas para identificar los elementos principales de la montmorillonita cruda y

la montmorillonita modificada. Los resultados arrojaron que la montmorillonita modificada, se eliminó más del 55 por ciento de As (III) durante los primeros 30 segundos del procedimiento de adsorción, lo que indicó una cinética de adsorción rápida. Se utilizó la ecuación de pseudo segundo orden ($R^2 = 1$) para predecir la cinética de la forma más correcta. Entre pH 6 y 7 se encontró la mejor adsorción de As (III). Y finalmente, descubriendo que la modificación con hierro aumentaba la capacidad de adsorción de montmorillonita cruda hasta en cinco veces más, concluyeron que tanto agua subterránea, agua potable o aguas residuales contaminadas con arsénico pueden tratarse con adsorbente de montmorillonita modificada con hidroxí-hierro.

Mukhopadhyay et al. (2017): investigaron el comportamiento de adsorción de As sobre esmectita y caolinita modificadas inorgánicamente. Las investigaciones de difracción de rayos X, espectroscopia infrarroja, microscopía electrónica de barrido y transmisión indicaron que el intercambio de Fe y el pilar de Ti modificaron con éxito la esmectita, mientras que la unión de fosfato modificó con éxito la caolinita. En todos los sistemas de agua y suelo, las esmectitas modificadas fueron más efectivas que la caolinita unida al fosfato en la adsorción de As. Los productos de arcilla alcanzaron el equilibrio de adsorción en 3h, según el análisis cinético. El modelo de isoterma de Freundlich (en ambos sistemas) explicó mejor los datos de adsorción de As de los productos de arcilla modificada. Se resaltó que la esmectita con pilares de Ti tuvieron la mayor capacidad de adsorción de As ($156.54 \mu\text{g g}^{-1}$). Los valores del coeficiente de partición (K_d) y la eficiencia de adsorción (porcentaje) siguieron la misma tendencia. Se concluyó que los productos de arcilla modificados inorgánicamente, informados en el estudio, tienen un gran potencial para adsorber As en aguas subterráneas contaminadas y agua potable.

El arsénico forma parte de los 20 elementos que más abundan en la atmósfera, se puede encontrar en el ambiente como: As (V) - arsenato, As (III) - arsenito, As (0) - arsénico y As (-III) - arseniuro (Danková, et al., 2019, p.35). Es considerado un auténtico metaloide, por ser alotrópica metálica, cuando está en su forma de arsénico gris, tiene una conductividad electrónica semejante al plomo y su otra forma alotrópica es arsénico amarillo, es no metálico (Hein y Arena, 2014, p.419) y además, es combinable con oxígeno, cloro y azufre para formar diversos

compuestos inorgánicos (Shaji et al., 2021, p.23), se puede encontrar comúnmente al arsenito inorgánico (As III) y el arsenato (As V) como formas prevalentes de este contaminante en medio acuoso, siendo el arsénico inorgánico el más tóxico y móvil (Jagirani et al., 2020, p.45); Muhammad, 2015, p.20). No se considera venenoso cuando se encuentra en formas insolubles, como el oropimente (trisulfuro de arsénico (As₂S₃)) y realgar (Arsenopirita (FeAsS)). Sin embargo, es perjudicial cuando se encuentra en formas solubles, como H₃AsO₃, H₂AsO³⁻, HASO₃²⁻ y AsO₃³⁻, destacándose el As(III), y seguido del arseniato (As (V)), por su alta toxicidad y metabolización rápida (Majumber y Jha, 2020, p.1847; Khodadadi, Kianinia y Taheri-Nassaj, 2013, P.18).

La contaminación del agua ocurre como resultado de la disolución de minerales, como arsenopiritas, procesos geoquímicos, actividades biológicas y/o causas antropogénicas, como la lixiviación de compuestos de arsénico hechos por el hombre de la fundición de minerales metálicos (Mukhopadhyay et al., 2017, pg. 1). En cuanto a sus concentraciones en cuerpos de agua, ya sean superficiales o subterráneas, suelen estar entre 1 y 10 µg/L y en agua de mar, es normalmente menor a 2 µg/L (Galetovic y Fernicola, 2003, p.22). La contaminación del agua subterránea es la más importante, puesto que el agua subterránea es la principal fuente de abastecimiento en muchos lugares del mundo (Hua et al, 2015, p.14), y porciones de América Latina (LA) se encuentran entre las regiones del mundo más afectadas (Kumar, 2019, p.22).

Tabla 1. Estándares de Calidad del Agua en el Perú - Categoría 1 Población y Recreacional - Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable

PARÁMETRO	A1	A2	A3
Unidad de medida	Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado

INORGÁNICO				
Arsénico (as)	mg/L	0.01	0.01	0.15

Fuente: *Elaboración Propia adaptado de D.S. N.º 004-2017-MINAM*

De las tecnologías disponibles para reducir la presencia de metales pesados en el agua, se encuentra la coagulación, floculación, precipitación, intercambio iónico, filtración por membrana, entre otros métodos (Xingwen et al., 2019, p.15), sin embargo, una alternativa accesible y económica es la adsorción a base de arcillas, las cuales también son amigables con el medio ambiente (Castillo, 2018, p.15). Es importante destacar además que, los adsorbentes considerados como adecuados son aquellos con alta capacidad de adsorción, afinidad con especies de arsénico (As (III) y As (V)) y eficacia en las condiciones ambientales relevantes, mismas que las arcillas cumplen satisfactoriamente (Martín et al., 2015, p.24).

Por tanto, las arcillas son un grupo minerales silicatados de tamaño pequeño, que forman parte de la subclase de los filosilicatos, se suelen presentar con carga negativa, lo que les permite absorber cationes (Porta, López-Acevedo y Roquero, 2003, p. 128) contienen diferentes cantidades de cationes de hierro, magnesio y metales alcalinos y están formadas principalmente por 2 unidades estructurales, las cuales son el tetraedro de silicato y el octaedro de aluminio, por la estructura se pueden clasificar principalmente en: 1:1 (T:O) y 2:1 (T:O:T).

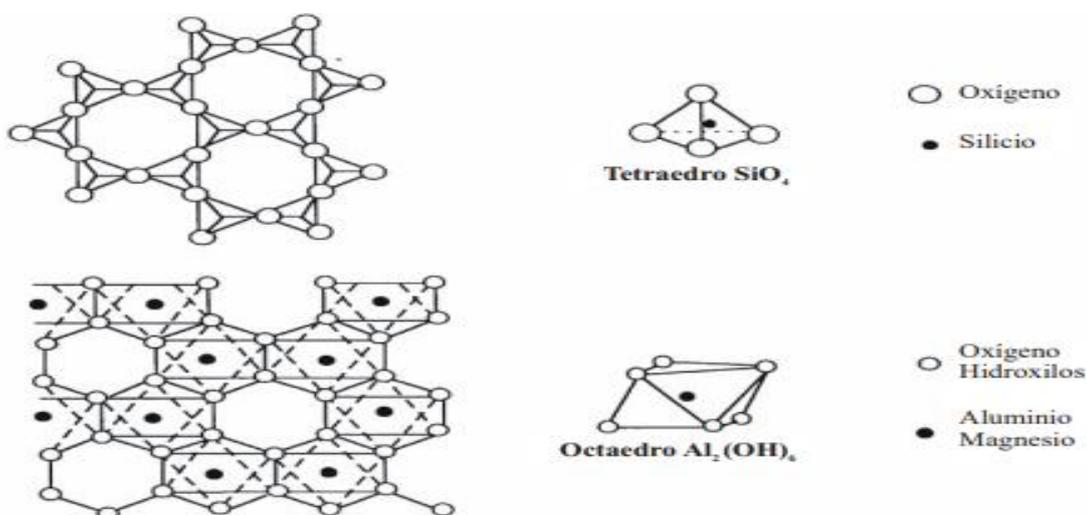


Figura 1. Unidad estructural del tetraedro de silicio y octaedro de aluminio o magnesio

Fuente: Picasso y Sun (2008)

Las arcillas más abundantes en la naturaleza son las esmectitas (2:1) y los caolines (1:1) (Dill et al., 2021, p. 25) por otro lado, una característica de la arcilla es su accesibilidad a sustituir al átomo de silicio (Si) (Castrillo et al., 2018, p.19), el cual está centrado en los tetraedros y puede ser cambiado por uno de menor carga como (Al^{3+}) y de igual manera se puede cambiar el aluminio de la capa octaédrica por el (Mn^{2+} y Fe^{2+}) (Meichtry et al, 2015, p.15).

Entre las distintas arcillas disponibles, se tienen los grupos de esmectita, como la montmorillonita, pertenecientes a la familia estructural de filosilicatos 2:1, que han llamado la atención entre los adsorbentes probados para la eliminación de contaminantes en soluciones acuosas debido a sus altas capacidades de adsorción, y versatilidad para modificarlas químicamente (Duarte et al., 2022, p.15). La intercalación de cationes orgánicos, la pilarización con óxidos metálicos y la activación básica o ácida son las modificaciones químicas más observadas para este tipo de arcillas (Dill et al., 2021, p.13).

La bentonita es un mineral natural compuesto por capas de montmorillonita, con impurezas como yeso, cuarzo, feldespatos (Castillo, Mercado y Volzone, 2018, p.16) y aluminosilicato hidratado, el cual se carga negativamente cuando se distribuye en agua (Ihekweme, 2015, p.12). La alta capacidad de intercambio catiónico, la amplia superficie y la facilidad de funcionalización química son principalmente las razones por las que la bentonita se utiliza como adsorbente (Baigorria et al., 2020, p.22). Las arcillas de caolín también son de gran uso tanto en cerámica, medicamentos, cosméticos y laboratorio, ya que cuentan con impurezas minerales como los feldespatos, los sulfuros, el hierro y los óxidos de titanio, además son de tamaños muy finos, lo que amplía sus posibilidades de uso (Legorreta-García et al., 2013, p.15).

Los parámetros de operación estándar en el proceso de adsorción de arsénico son el pH, tiempo de contacto, dosificación, temperatura, isoterms y cinética (Celebi et al., 2021, p.15). Por esta razón, recientemente se ha prestado mucha atención a la eliminación de arsénico mediante adsorbentes en base a arcilla, por su notable desenvolvimiento con estos parámetros (Hakan, Ismail y Tolga, 2021, p.24).

Comenzando con el pH, el cual tiene un gran impacto en la adsorción y la coagulación, ya que es una característica química crítica para el crecimiento de la vida acuática. Indica el estado ácido o básico del agua para determinar su grado de acidez o alcalinidad. (Hakizimana et al. 2017, p.24). Además, las condiciones redox (potencial redox Eh) y el pH son los principales determinantes del estado de oxidación y la movilidad del As (Rangel et al, 2015, p. 105).

Tanto en condiciones oxidantes como reductoras, el arsénico es sensible al movimiento a los valores de pH típicos de las aguas naturales, que oscilan entre pH 6,5 y pH 8,5 (Zhao y Wang, 2020, p.32). Los iones H^+ pueden ser capturados y disociados por estos grupos (Marino et al, 2017, p.28). No solo para ahorrar costos, sino también para lograr el grado de adsorción requerido, la dosis de adsorbente debe modificarse de acuerdo con la concentración inicial del contaminante (Wojciechowska et al., 2020, p.32). En el rango de pH de 5 a 12, la principal especie de arsénico en las aguas superficiales es el arseniato (As(V)). El arsenito (As(III)) es la especie más abundante en las aguas subterráneas en el rango de pH de 2 a 9 (Mukhopadhyay et al., 2017, pg. 1).

Teniendo en cuenta que el proceso de adsorción depende del tiempo y otros parámetros, conocer su velocidad es importante para el diseño y la evaluación del adsorbente (Meichtry et al., 2015, p.50), para ello se han empleado modelos cinéticos de adsorción con las ecuaciones de Langmuir y Freundlich de pseudo primer orden y pseudo segundo orden (Figueroa, Moreno y Hormaza, 2014, p.10), por tanto, los estudios cinéticos de adsorción son fundamentales para comprender el proceso y determinar la tasa de transferencia de adsorbato desde el entorno acuoso a la superficie del adsorbente (Martín et al., 2015, p.36). Permite predecir el tiempo más breve necesario para eliminar los contaminantes (Dudek y Kołodyńska, 2022, p.35). Los adsorbentes a base de hierro (Fe) forman fuertes enlaces con el As, siendo también un material de bajo costo y de potencial para una fácil expansión en la producción (Foroutan, 2019, p.12).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

La investigación de tipo aplicada, busca la generación de conocimientos con aplicación directa a los problemas tecnológicos de la sociedad (Díaz, 2009, p.89), Por ende, encontrar estrategias que puedan ser empleadas en un problema específico (Ceroni, 2010, p.56). Por ello se realizó la investigación aplicada ya que se empleó conocimientos y metodologías de investigaciones como los tipos de arcilla y sus propiedades como adsorbente de arsénico ante los métodos convencionales.

3.1.1 Diseño de investigación

La investigación es cualitativa, detalla procesos o cualidades que tiene como fin comprender un tema, a través de datos, los cuales tienen como base los objetivos planteados (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 10). De enfoque narrativo de tópicos, que busca recolectar información, en dirección al uso de las arcillas para remover arsénico, por medio de la literatura consultada (Yepes y Núñez, 2021, p. 5). De manera que la presente investigación es cualitativa, narrativa de tópicos, analizó los datos, respecto a la remoción de arsénico a base de arcillas, por medio de artículos originales, el conocimiento adquirido por medio de la revisión de los artículos previamente seleccionados tiene como propósito alcanzar el objetivo de la investigación, mediante de trabajos preliminares.

3.2. Categorías, subcategorías y matriz de categorización

Problemas específicos	Objetivos específicos	Categoría	Subcategoría	Criterio 1	Criterio 2
¿Cuáles son los métodos de preparación de arcillas aplicadas para el proceso de remoción de arsénico en medio acuoso?	Identificar los métodos de preparación de arcillas aplicadas para la remoción de arsénico en medio acuoso	Métodos de preparación de arcillas aplicadas para la remoción de arsénico en medio acuoso	<p>Adsorbente (Francisca y Carro, 2014, p. 55)</p> <p>Compuestos de la arcilla (Foroutan Rauf et al., 2019)</p> <p>Características (Ausavasukhi et al., 2016, p.98).</p> <p>Método de preparación (Domínguez et al., 2017, p. 46)</p>	De acuerdo al elemento agregado (Iriel et al., 2020, p.10)	De acuerdo al requerimiento de cantidad agregado (Meichtry et al., 2015, p.22).
¿Cuáles son las condiciones óptimas de los parámetros de remoción de arsénico en medio	Identificar las condiciones óptimas de los parámetros de remoción de	Condiciones óptimas de los parámetros de remoción de arsénico en medio	<p>Especie de arsénico removido (Hua, 2018)</p> <p>Concentración inicial del contaminante (Shaji et al., 2021, p.15)</p>	Por los efectos en el proceso de adsorción de As (Celebi et al., 2021,	Conforme a la los parámetros de adsorción de As (Pawar et al., 2018,

acuoso?	arsénico en medio acuoso	acuoso	Dosis de adsorbente (Rytwo et al., 2018, p.175). % Eficiencia (Montoya et al., 2015, p.30) pH (Bentahar et al., 2016, p.85).	p.35)	p.15)
¿Cuáles son los efectos de los parámetros en el proceso de remoción de arsénico en medio acuoso?	Identificar los efectos de los parámetros en el proceso de remoción de arsénico en medio acuoso	Efectos de los parámetros en el proceso de remoción de arsénico en medio acuoso	pH (Francisca, 2014, p.184). Tiempo de contacto (Meyer et al., 2015, p.143) Temperatura (Iriel et al., 2020) Dosis (Pérez et al., 2014, p.15).	Conforme al periodo de exposición (Jinming et al., 2015, p.23).	Conforme a la concentración de As (Jo et al., 2021, p.57).

3.3. Escenario de estudio

Respecto al escenario de estudio, no hay escenarios para recrear, es decir que se basa en la examinación de teorías o datos cualitativos recolectados a partir de los artículos consistentes en investigaciones respecto a la remoción de las especies de arsénico por medio del uso de las arcillas como factor en su eliminación, para un enfoque aplicativo (Cortés y Iglesias, 2004, p. 27).

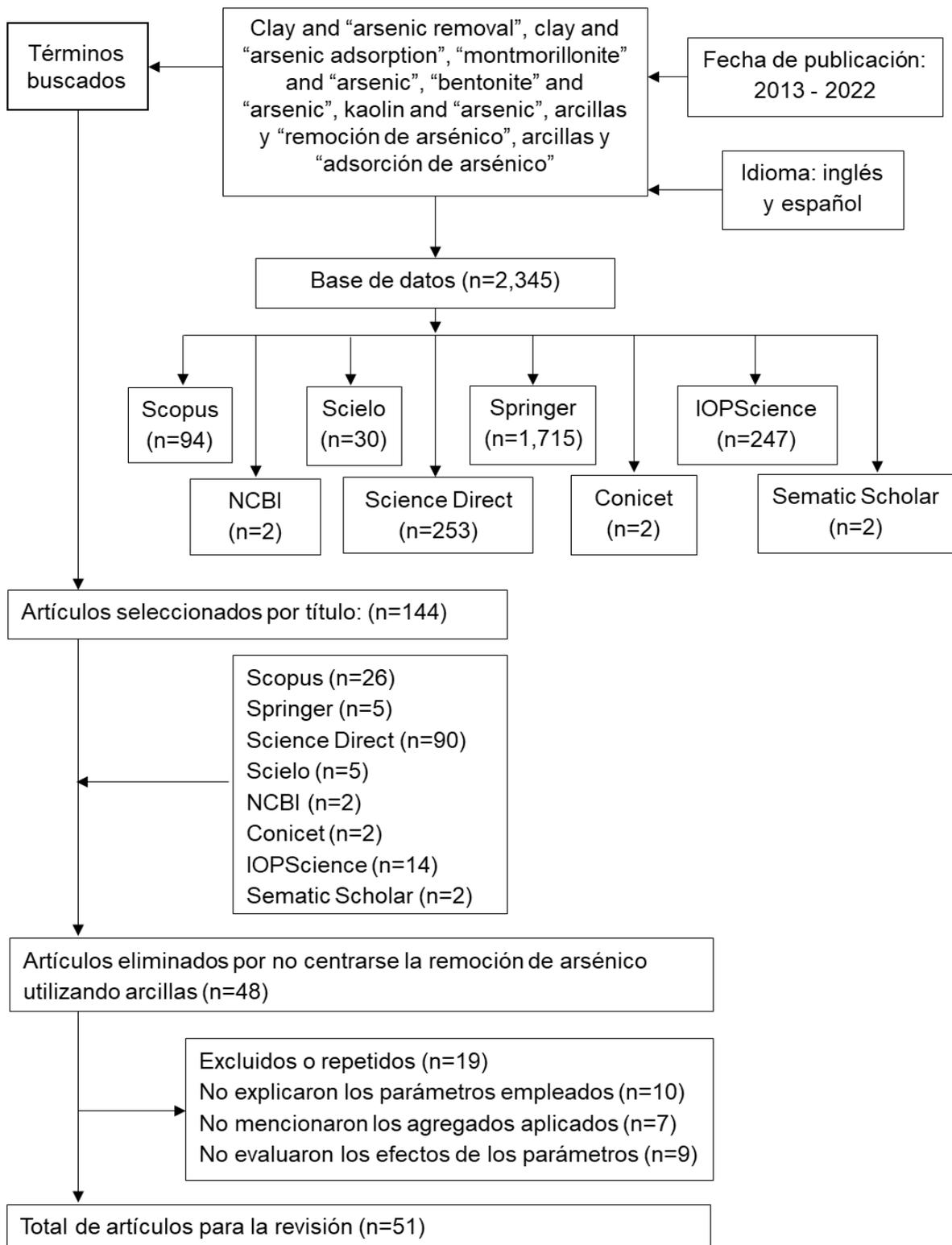
3.4 Participantes

Los participantes en este estudio incluyen artículos de revistas indexadas, libros y tesis extraídos de bases de datos como Scopus, Springer y Sciencedirect, entre otras páginas indexadas que se utilizaron para proporcionarnos la información que se necesitó para el manejo de la información y posterior desarrollo de la investigación.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

En este trabajo de investigación, se empleó la técnica de análisis documental, la cual consiste en la búsqueda, lectura detallada de los artículos y organización de la literatura seleccionada, según lo explica (Hernández et al., 2014), el cual se manifiesta en el análisis de los artículos científicos (Zeegers y Barron, 2015, p.78) permitiendo catalogar la información obtenida expresan que “La investigación documental proporciona la base del estudio con material escrito y grabado, considerado como fuente de información” (pág. 260). En tal sentido para la recapitulación de la información seleccionada, se aplicó el instrumento de fichas de análisis siendo definidos por (Palacio et. al, 2017, p.45) como el proceso de descripción física del documento. (Ver anexo 1)

3.6. Procedimientos



Las palabras clave utilizadas fueron: Clay and “arsenic removal”, clay and “arsenic adsorption”, “montmorillonite” and “arsenic”, “bentonite” and “arsenic”, kaolin and “arsenic”, arcillas y “remoción de arsénico”, arcillas y “adsorción de arsénico”.

Para el desarrollo del trabajo, se llevó a cabo la búsqueda de artículos científicos en las bases de datos de Scopus, Scencedirect, Scielo, Conicet, IOPScience, NCIB SEMANTIC SCHOLAR y Springer, el análisis de los artículos proporcionados de las páginas de acceso libre. Se consideraron los criterios de búsqueda basados en el idioma español e inglés, en un rango de años del 2013 al 2022. Los términos de búsqueda se realizaron enfocados tanto en el título, resumen y palabras claves. Obteniendo inicialmente un total de (n=2,345), cuyas fuentes fueron: Scopus (n=94), Scielo (n=30), Semantic Scholar (n=2), Science Direct (n=253), Springer (n=1,715), IOPScience (n=247), Conicet (n=2) y NCBI (n=2), seguidamente, se segregaron artículos en base a su título, consiguiéndose un total de (n=144). Luego se procedió a descartar artículos repetidos, que no aplicaron parámetros específicos deseados, o no aplicaron dos a más parámetros de los que se querían evaluar.

Posteriormente se procedió a filtrar los documentos encontrados en la base de datos con la finalidad de escoger y seleccionar la información de mayor interés, utilizando criterios de exclusión referente a documentos repetitivos entre las bases de datos, resúmenes, artículos con metodologías más complejas que alejaban del tema de investigación, también se excluyeron artículos demasiado antiguos, obteniendo finalmente 51 documentos.

3.7. Rigor científico

La presente investigación sigue el rigor científico, debido a que, la información recolectada ha sido manejada aplicando el análisis y validez de los datos según lo señala (Espinoza, 2020, p.75) ya que cumple con criterios básicos enfocados en la validez, plasmando una interpretación correcta en la redacción de los resultados. Se hace indispensable, que esta información recolectada, que conforman los datos que aportaran los resultados, deben tener presente teorías que permitan la práctica para un desarrollo pleno del conocimiento científico (Arias y Giraldo, 2011, p.98).

Por lo tanto, para expresar el rigor científico en este trabajo, se tomaron en cuenta los siguientes criterios.

Criterio de credibilidad: según los exponen (Castillo y Vásquez, 2003, p.54) la credibilidad se alcanza a través de las entrevistas que se han realizado a los participantes o a través de las observaciones al fenómeno estudiado que han efectuado los investigadores. En este estudio, la credibilidad se logró a través de la verificación de la información obtenida en cada uno de los artículos indexados que conformaron la muestra de estudio, alcanzando, de esta manera, el objetivo de estudio planteado.

Criterio de transferencia o transferibilidad: este criterio hace referencia a la posibilidad que tienen los resultados alcanzados de ser expuestos en otros contextos. (Guba y Lincoln, 1994, p.76) explican que para que esta transferibilidad sea posible, “debe darse una descripción completa del lugar, de las personas que participaron en el estudio o de los fenómenos que han sido observados”. Este estudio este criterio se aplica debido a que se han descrito, de forma detallada cada una de las arcillas y sus agregados que pueden tomarse en cuenta para la remoción de arsénico en medios acuosos; además de cada dato importante encontrado en los artículos estudiados.

Criterio de neutralidad o reflexividad: este criterio está relacionado con la capacidad reflexiva que pueda tener el investigador sobre los hechos observados. Para (Rojas y Osorio, 2017, p.68) está relacionada con la garantía “que los descubrimientos no estuvieron sometidos a criterios personales, simplemente el investigador reflexiona de manera objetiva sobre lo observado”. En tal sentido, esta investigación es neutral en sus conceptos finales, debido a que los investigadores plasman los resultados obtenidos en la revisión de los artículos indexados, encontrando que existen arcillas y sus componentes, que en cantidades adecuadas contribuyen a la remoción de arsénico en medios acuosos.

Criterio de dependencia: este criterio se lleva a cabo cuando se explica de manera clara los criterios empleados para la selección de participantes (Hernández et al., 2014, p.454), utilizando los métodos de análisis e interpretación para poder llevar a cabo una revisión y comparación de resultados. En este estudio se cumple este

criterio de dependencia, porque se utilizaron y revisaron artículos originales publicados en revistas indexadas, con información sobre los estudios sobre la remoción de arsénico en medio acuoso.

3.8. Método de análisis de información

En el análisis de información se aplicó la exclusión y clasificación de datos (Yang et al., 2021, p.12), en función a los objetivos planteados de la investigación (Ferreyro y Longhi, 2014, p.90).

En el análisis de información, se utilizó una matriz de categorización, que está conformada por 3 categorías; métodos de preparación de arcillas aplicadas para la remoción de arsénico en medio acuoso, condiciones óptimas de los parámetros de remoción de arsénico en medio acuoso y efectos de los parámetros en la remoción de arsénico en medio acuoso.

La categoría 1, métodos de preparación de arcilla aplicada para la remoción de arsénico en medio acuoso abarcó 4 subcategorías, las cuales son; Adsorbente, compuestos de la arcilla, método de preparación y características. Para la identificación de los datos se tomaron en cuenta los siguientes criterios; en función a los elementos agregados y de acuerdo al requerimiento de la cantidad. Estos criterios ayudaron en la filtración de los datos de artículos originales y, por ende, acceder a la información correspondiente para responder los objetivos.

Respecto a la categoría 2, condiciones óptimas de los parámetros de remoción de arsénico en medio acuoso, se consideró 6 subcategorías; tipo de arsénico removido, dosis de adsorbente, concentración inicial del contaminante, valor de pH, todo entorno al valor del % de eficiencia. Estos criterios facilitaron la selección de artículos científicos, los cuales ayudaron a responder los objetivos.

Por último, la categoría 3, los efectos de los parámetros en el proceso de remoción de As en medio acuoso, donde se consideró 4 subcategorías; pH, tiempo de contacto, temperatura y dosis conforme a la interacción del As y los elementos presentes que permitieron o inhibieron la remoción efectiva en su período de exposición frente a las arcillas. Estos criterios concedieron la recopilación de datos

pertinentes para la investigación científica y respuesta de los objetivos.

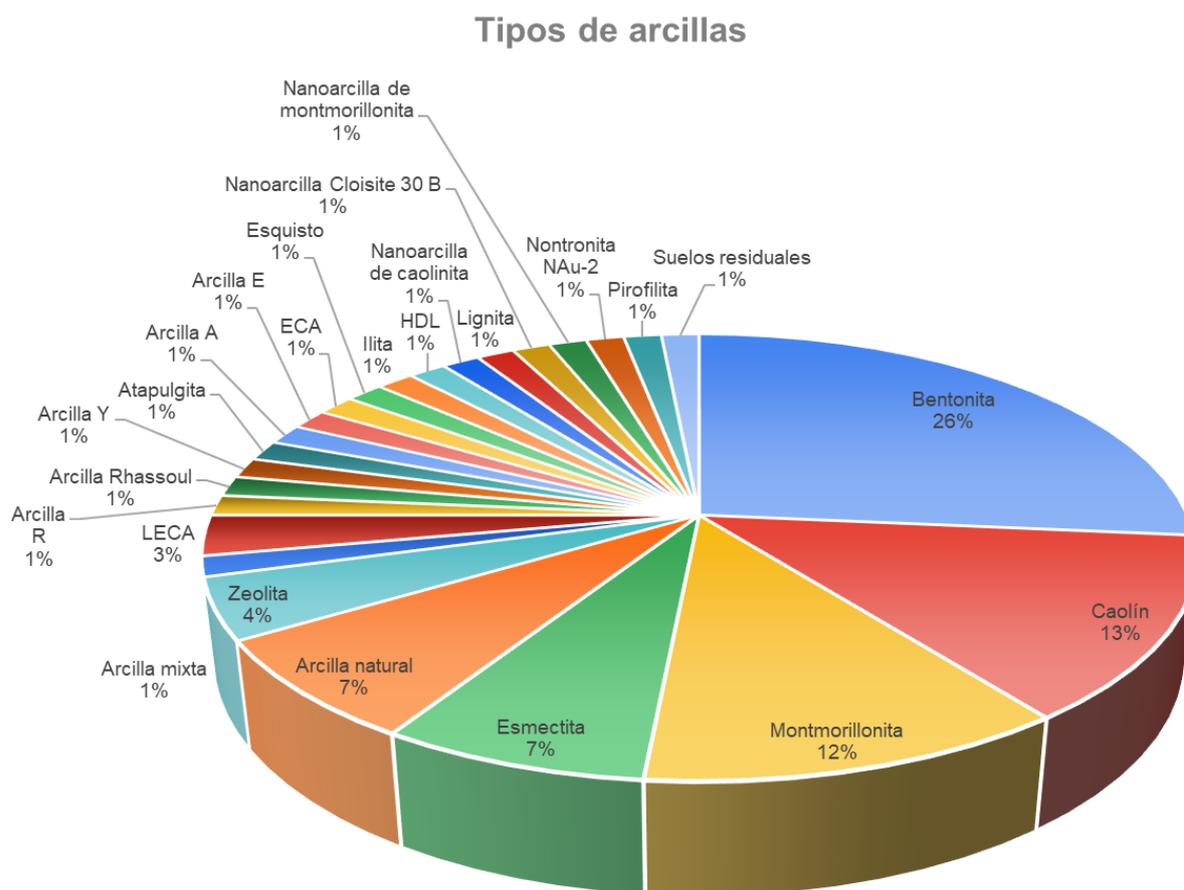
3.9. Aspectos éticos

El trabajo es completamente original, con información verídica sin manipulación de datos, abarcada haciendo uso del acceso libre proporcionado por páginas web indexadas y los beneficios de la institución, como el uso de la herramienta anti plagio Turnitin. Se respetan los derechos de autor, respecto al uso de los datos, comentarios, fotos, tablas y descripciones tomados de otros escritores se citaron debidamente según la normativa del formato ISO 690 establecido para el desarrollo de la investigación y normativa vigente de la universidad César Vallejo.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una vez aplicada la metodología seleccionada, se pudo recopilar un total de 51 artículos localizados en Scopus, Scielo, Semantic Scholar, Science Direct, Springer, IOPScience, Conicet y NCBI.

Figura 2. Principales tipos de arcillas halladas para la remoción de arsénico en la revisión de la literatura



En la literatura consultada, se identificaron un total de 25 tipos de arcillas utilizadas para la preparación de adsorbentes destinados a remover arsénico en medio acuoso. A la luz de estos hechos, se destacó la arcilla de bentonita (26%), seguida por el caolín (13%) y la montmorillonita (12%).

Tabla 2. Método de preparación de arcilla aplicada para la remoción de arsénico en medio acuoso

Referencia	Adsorbente	Compuestos de la arcilla	Método de preparación	Características
J. Hua (2018)	Bentonita modificada con óxido de manganeso y PDMDAAC	Mineral: Bentonita	Síntesis de bentonita comodificada	Compuesto agregado: Óxido de manganeso y poli (cloruro de dimetildialilamonio) Diámetro de poro: 3,0 - 6,5 nm Rango de mesoporo: 2 - 50 nm Procedencia: Shanghai Four Hervey Chemical, China
Jo et al. (2021)	Bentonita modificada	Mineral: alto contenido de montmorillonita Composición: Al ₂ O ₃ (46%) y SiO ₂ (20,5%)	Peletización de lodo de alumbre con bentonita aglutinante inorgánica	Compuesto agregado: Lodo de alumbre (ASB) Tamaño de poro: 1.765 - 1.782 nm Dosis: 0,5 - 1,0% en peso Procedencia: Sigma-Aldrich, EE. UU
Mar et al. (2013)	Caolinita	Composición: SiO ₂ , TiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , MnO, MgO, CaO, Na ₂ O, K ₂ O, P ₂ O ₅ , S, TOC, As, LOI.	Segregación por tamaños de las arcillas para la comparación	Tamaño de partícula: < 2 mm Procedencia: Samigaluh, área de Kulon Progo (Indonesia)

	Bentonita	Composición: SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , MnO, TiO ₂ , Fe ₂ O ₃ , MgO, CaO, Na ₂ O, K ₂ O, P ₂ O ₅ , S, As, LOI.		Tamaño de partícula: < 2 mm Procedencia: Punung, Pacitan, Java Oriental (Indonesia)
Dousova et al. (2018)	Caolín modificado con tratamiento ácido	Mineral: arcilla caolinita Composición: SiO ₂ (56.4%), Al ₂ O ₃ (27.5%), MnO (0.09%), TiO ₂ (1.2%), Fe ₂ O ₃ (8.9%); Forma Fe: hematita (55%), óxidos de Fe ³⁺ (34%), partículas de Fe ²⁺	Lixiviación ácida para transformación del Fe estructural con ácido inorgánico y orgánico	Compuesto agregado: HCl Volumen de poro: 0.0527 cm ³ g ⁻¹ Tamaño de partícula: 13 μm Procedencia: depósito de arcilla (República Checa)
				Compuesto agregado: Ácido oxálico ((COOH) ₂) Volumen de poro: 0.0391 cm ³ g ⁻¹ Tamaño de partícula: 13 μm
	Bentonita modificada con tratamiento ácido	Mineral: alto contenido de esmectita Composición: SiO ₂ (53.2%), Al ₂ O ₃ (18.6%), MnO (0.1%), TiO ₂ (5.1%), Fe ₂ O ₃ (15.2%); Forma Fe: hematita nanocr. (30%), óxidos de Fe ³⁺ (65%), partículas de Fe ²⁺		Compuesto agregado: HCl Volumen de poro: 0.1533 cm ³ g ⁻¹ Tamaño de partícula: 11 μm Procedencia: pozo de bentonita (República Checa)

				Compuesto agregado: Ácido oxálico ((COOH) ₂) Volumen de poro: 0.1575 cm ³ g ⁻¹ Tamaño de partícula: 11 μm
Pawar et al. (2018)	Perlas compuestas de bentonita modificada	Mineral: bentonita natural Composición: SiO ₂ : 56, Al ₂ O ₃ : 22, Fe ₂ O ₃ : 12.88, Na ₂ O: 2.22, MgO: 2.12, CaO: 0.88, TiO ₂ : 2.44% y Na-Alginato	Encapsulación de la arcilla modificada en perlas mediante alginato de sodio biopolímero	Compuesto agregado: óxido de hierro y carbón activado, alginato de sodio Diámetro: 2 a 3 mm Dosis: 40 g Procedencia: Corea del Sur
Baigorria et al. (2020)	Perlas de hidrogel de alcohol polivinílico/alginato compuesto de bentonita	Mineral: montmorillonita predominante Composición: 27.3% de Fe (III)	Desarrollo y caracterización de perlas de hidrogel mediante gelificación iónica	Compuesto agregado: polivinil alcohol (PVA), alginato de sodio Espacio basal: 1.3 nm Dosis: 0.3g Procedencia: Neuquén (Argentina)

Mukhopadhyay et al. (2017)	Esmectita modificada con pilares de Ti	Contenido: Esmectita (Caolinita y cuarzo como impurezas)	El pilar de Ti de esmectita de Na siguió el procedimiento de hidrólisis de $TiCl_4$ en reacción con HCl	Compuesto agregado: NaOH Dosis: 10 g Tamaño de partícula: 158,1 nm - 189,40 nm Procedencia: India
	Esmectita por intercambio con Fe			
	Caolinita modificada por unión de fosfato	Contenido: Caolinita (Óxidos de Fe y cuarzo como impurezas)	Modificación inorgánica de las arcillas de esmectita con una solución de $FeSO_4$ para el intercambio	Compuesto agregado: $FeSO_4$ Dosis: 20 g Tamaño de partícula: 158,1 nm - 189,40 nm Procedencia: India
Mudzielwana et al. (2019)	Arcilla de caolín modificada con surfactante	Mineral: arcilla de caolín natural Contenido: cuarzo y caolín como minerales principales Composición: SiO_2 : 51.67, Al_2O_3 : 18.79, Fe_2O_3 : 2.85, MgO: <LOD, MnO: 0.02, CaO: 0.39, K_2O : 0.01, TiO_2 : 1.0, P_2O_5 : 0.041	Síntesis de arcilla modificada con surfactante catiónico	Compuesto agregado: bromuro de hexadeciltrimonio (HDTMA-Br) Dosis: 1g Diámetro de poro: 9.53 y 20.40 nm Procedencia: Limpopo, Sudáfrica

Ren et al. (2014)	Montmorillonita modificada	Mineral: Montmorillonita de alta pureza Composición: SiO ₂ (62,41%), Al ₂ O ₃ (13,27%), Fe ₂ O ₃ (4,77%), MgO (4,55%), CaO (2,56%), Na ₂ O (0,04%) y K ₂ O (0,09%).	Síntesis de montmorillonita modificada	Compuesto agregado: policationes de Fe y bromuro de cetiltrimetilamonio (CTMAB) Espacio basal: 1,52 nm - 1,81 nm Dosis: 10 g Procedencia: Mongolia Interior, China
Saleh et al. (2015)	Bentonita modificada	Composición: SiO ₂ (50.1%), Al ₂ O ₃ (10.0%), MgO (3.0%), Fe ₂ O ₃ (3.6%), CaO (4.4%), TiO ₂ (0.2%) y K ₂ O (1.1%).	Modificación por exfoliación química e intercalada con quitosano y óxido de titanio	Compuesto agregado: Quitosano y Quitosano -TiO ₂ Diámetro de poro: 6.2 - 12.1 nm Dosis: 2g Procedencia: Irán
Zao et al. (2021)	Nontronita NAu-2	Composición: M ⁺ (0,72) - [Si (7,55), Al (0,16), Fe (0,29)][Al (0,34), Fe (3,54), Mg (0,05)]O ₂₀ (OH) ₄	Biorreducción de Fe(III) - arcilla, biorreducción de As(V) y biorreducción simultánea de Fe(III) - arcilla y As(V)	Compuesto agregado: Hierro, arsénico (III) o (V) y bacterias (MR-1, IMH o CN32) Tamaño de partícula: 0,5 - 2,0 μm Dosis: 2g
Bentahar et al. (2016)	Arcilla natural (Arcilla R) Arcilla natural (Arcilla Y)	Mineral: Caolinita e ilita	Caracterización de sólidos	Reactivo: cloruro de hexaaminocobalto y agua desionizada de alta pureza Dosis: 1

	Arcilla natural (Arcilla E) Arcilla natural (Arcilla A) (Arcilla Rhassoul)	Mineral: Moscovita, caolinita, cuarzo y dolomita Mineral: Picos característicos de estevensita y cuarzo con calcita y dolomita		mg Procedencia: Marruecos
Shokri et al. (2016)	Nanoarcilla Cloisite 30B	Mineral: Montmorillonita	Método de separación de fases inducida sin disolvente (NIPS)	Compuesto agregado: Sal de amonio cuaternario, metilo, sebo, bis-2-hidroxietilo, N-metil-2-pirrolidona (NMP), polietilenglicol (PEG) Tamaño de partícula: < 13 µm Procedencia: Comercial
Ates, Özkan, y Canbaz (2018)	Zeolita modificada	Mineral: Zeolita natural	Modificación por intercambio iónico y adición de aluminio	Compuesto agregado: NH ₄ NO ₃ y Al ₂ (SO ₄) ₃ Dosis de arcilla: 0.005 - 2 g Tamaño de partícula: 0,25 - 0,5 mm Procedencia: Turquía
Shokri, Yegani y Akbarzadeh (2017)	Montmorillonita pura	Mineral: montmorillonita	Síntesis y caracterización de arcilla por	Compuesto agregado: Monoclorhidrato de L-arginina (C ₆ H ₁₄ N ₄ O ₂)

	Montmorillonita modificada con aminoácido arginina	Mineral: Montmorillonita (65% pura)	intercambio de cationes para la preparación de membranas	Espacio basal: 0,98 nm Dosis: 0,2 g Procedencia: EE.UU.
Ozola et al. (2019)	Montmorillonita modificada (Mt)	Mineral: Montmorillonita (65% pura)	Modificación con oxihidróxido de hierro	Compuesto agregado: Oxihidróxido de hierro (FeOOH) Dosis: 100 g Procedencia: Alemania / Región del Báltico (Lituania) / Región del Báltico (Letonia)
	Arcilla dominada por esmectita del período Triásico (T)	Mineral: 66% de minerales del grupo esmectita		
	Arcilla mixta con materia orgánica del período Jurásico (J)	Mineral: mezcla con contenido proporcionalmente igual de illita-esmectita, illita, esmectita, clorita y caolinita con una mezcla de materia orgánica antigua (3%)		
Zaman et al. (2021)	Esmectita modificada con nano hierro de valencia cero (nZVI)	Mineral: esmectita de tipo saponita	Síntesis de compuesto de nano hierro de valencia cero (nZVI) soportado por esmectita llamada superficies de arcilla de saponita (smec-nZVI)	Compuesto agregado: cloruro de hierro (II) tetrahidratado (FeCl ₂ .4H ₂ O), borohidruro de sodio (NaBH ₄) Dosis: 1,5 g Procedencia: Australia Occidental

	Montmorillonita cruda	Mineral: montmorillonita K-10 (MMT) Composición: SiO ₂ (76.2), Al ₂ O ₃ (14.4), Fe ₂ O ₃ (3.5), TiO ₂ (0.679), CaO (0.196), K ₂ O (1.72), MgO (1.3), Na ₂ O (0.152)		Espacio basal: 0,992 nm Dosis: 2 g
Almasri et al. (2018)	Nanoarcilla de montmorillonita modificada con hidroxido de hierro	Mineral: montmorillonita K-10 (MMT) Composición: SiO ₂ (64.8-74.2), Al ₂ O ₃ (12.6-15.4), Fe ₂ O ₃ (5.54-17.1), TiO ₂ (0.567-0.666), CaO (0.0405-0.175), K ₂ O (1.63-1.83), MgO (1.02-1.31), Na ₂ O (0.147-0.187)	Caracterización y modificación de arcilla con varias cargas de hierro por método simple de síntesis química húmeda	Compuesto agregado: cloruro de hierro (III) hexahidratado (FeCl ₃ .6H ₂ O), e hidróxido de amonio (NH ₄ OH) Espacio basal: 0.993 - 0.995 nm Dosis: 2 g
Selvan et al. (2022)	Membrana compuesta de polietersulfona (PES) de nanoarcilla de hierro-caolín cerivalente (nZVI-Kaol)	Mineral: caolín cerivalente Contenido: Nano hierro Composición Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄	Método de reducción de borohidruro. El enfoque de inversión de fase se utilizó para fabricar	Compuesto agregado: Borohidrato de sodio (NaBH ₄) y FeCl ₃ . Dosis: 1 g Tamaño de partícula: promedio de 42 nm Procedencia: Mumbai-India

				membranas de nanocompuestos.
Dengke et al. (2020)	Atapulgita Atapulgita modificada con óxido de hierro	Mineral: Esmectita Mineral: Esmectita Contenido: Fe ₂ O ₃	Sistema de Fe/ATP y caracterización. Método de coprecipitación ultrasónica	Compuesto agregado: Fe ₂ O ₃ Procedencia: China
Nader y Helinä (2013)	LECA (Agregado ligero de arcilla expansiva)	-	Método adoptado de recubrimiento de arcilla con óxidos	Compuesto agregado: Al (NO ₃) ₃ ·9H ₂ O y Fe (NO ₃) ₃ ·9H ₂ O Dosis: 100 g Tamaño de partícula: 1 - 0.63 nm
	LECA recubierta con óxido de Al (AOCL)	Contenido: óxido de aluminio (Al ₂ O ₃)		Compuesto agregado: Al Tamaño de partícula: 1 - 0.63 nm
	LECA con óxido de Fe (IOCL)	Contenido: óxido de hierro (Fe ₂ O ₃)		Compuesto agregado: Fe Tamaño de partícula: 1 - 0.63 nm

Tong et al. (2022)	Montmorillonita saturada de Fe (III) (Fe-SMF)	Mineral: montmorillonita	Suspensión de partículas en agua ultra pura, recolección y recolección de partículas más pequeñas, resuspensión para eliminación del carbonato y repetición hasta lograr la saturación. Finalmente, las partículas recolectadas fueron liofilizadas, molidas y almacenadas. Arcilla modificada con goethita sintetizada (α -FeOOH)	Compuesto agregado: Fe (III) Dosis: 100 g Tamaño de partícula: Procedencia:
Jinming et al. (2015)	<u>Bentonita</u> <u>Na⁺ -Bentonita</u> <u>1.0Mn_x O_y⁻</u> <u>Bentonita</u> <u>1.3PDDMAAC-</u> <u>Bentonita</u>	Mineral: Bentonita	Caracterización y modificación por hidróxidos metálicos, tensioactivos catiónicos y	Compuesto agregado: cloruro férrico anhidro Fe(OH) ₃ , MnO ₂ , tensioactivos catiónicos (CTMAB y PDMDAAC) Diámetro

	1.3PDMDAAC– 1.0Mn _x O _y - Bentonita		complejo de hidróxido metálico- tensioactivo	de poro: 3,7 a 6,5 nm Procedencia: Shanghai, China
Ihekwe me et al. (2021)	Agregado de arcilla expandida (ECA)	Mineral: caolín no plástico de Kutigi y arcilla plástica de Minna	Caracterización y modificación por peletización	Compuesto agregado: Cascarilla de arroz y plastificante (Na ₂ CO ₃) Tamaño de partícula: 425 µm e inferior Procedencia: Estado de Níger
Quiroga, Junca y Merino (2021)	Arcillas aniónicas (hidróxidos dobles laminares (HDL)	-	Síntesis de arcillas aniónicas por el método de coprecipitación	Compuesto agregado: Mg, Fe, Al, KOH y K ₂ CO ₃ Diámetro de poro: 0.262 - 0.796 cm ³ /g
Wang et al. (2022)	Bentonita modificada con circonio, lantano y octahidrato de oxicloruro de circonio	Mineral: Bentonita Composición: O (46.53), Mg (2.50), Al (10.24), Si (31.13), Zr (1.93), K (2.29), Ca (2.20), Fe (3.17)	Técnica de gradientes difusivos en películas delgadas	Compuesto agregado: lantano (LMB) y octahidrato de oxicloruro de circonio (ZrOCl ₂ ·8 H ₂ O) Procedencia: Australia
Fakhreddine y Fendorf (2021)	<u>Ilita</u> <u>Pirofilita</u> <u>Esmectita</u>	-	Modelado de complejación de superficies	Compuesto agregado: cationes Na ⁺ , K ⁺ , Mg ²⁺ y La ⁺

Wang et al. (2019)	Caolinita calcinada (metacaolín)	Mineral: caolín Composición: Na ₂ O (0.00), MgO (0.00), Al ₂ O ₃ (47.00), SiO ₂ (0.30), P ₂ O ₅ (0.28), SO ₃ (0.05), K ₂ O (0.28), CaO (0.18), Fe ₂ O ₃ (0.52)	Preparación de aglutinantes premezclados	Compuesto agregado: lodo rojo, cemento, escoria de alto horno y NaAsO ₂ Tamaño de partícula: <0,125 mm Procedencia: China
Mudzielwana, Gitari y Ndungu (2019)	Arcilla de caolín modificada con óxidos de Fe-Mn	Mineral: caolín crudo Composición: SiO ₂ (56.06%), Al ₂ O ₃ (22.05%), Na ₂ O (2,3%), Fe ₂ O ₃ (3,88%), MnO (0,01%), CaO (0.95%), K ₂ O (0.16%), TiO ₂ (1.76%), LOI (11.2%)	Síntesis de arcilla de caolín por intercalación de óxidos binarios de Fe ³⁺ y Mn ²⁺ en capas intermedias	Diámetro de poro: 9.54 nm Dosis: 1g Procedencia: provincia de Limpopo, Sudáfrica
Marino et al. (2017)	Membranas de matriz mixta de PES-caolín	Mineral: caolín (KT2) arcilla natural argeliana Composición: SiO ₂ (49.30), Al ₂ O ₃ (33.50), Fe ₂ O ₃ (1.59), MgO (0.40), CaO (0.08), Na ₂ O (0.09), K ₂ O (2.75), TiO ₂ (0.24), LOI (10.50)	Fabricación y caracterización de membranas poliméricas mediante inversión de fase	Compuesto agregado: polieteresufona (PES), polivinilpirrolidona (PVP K17), polietilenglicol (PEG 200) y N-metilpirrolidona (NMP) Tamaño de poro: 0,14 ± 0,01 μm Procedencia: Argelia

Shokri et al. (2018)	Montmorillonita modificada con tensioactivos dicatiónicos	Mineral: montmorillonita (Mt)	Modificación de arcilla con aminoácidos amigables con el medio ambiente con surfactante dicatiónico. Método de intercambio de cationes	Compuesto agregado: L-Arginina (C ₆ H ₁₄ N ₄ O ₂) (Arg) y L-Lisina monoclóhidrato (C ₆ H ₁₄ N ₄ O ₂) (Lys) Dosis: 0.2 g Procedencia: Southern Clay Products
Miljkovic et al. (2019)	Bentonita	Composición: SiO ₂ , K ₂ O, Fe ₂ O ₃ , TiO ₂ , MgO y CaO.	Suspensión, mezcla, rpm, secado y trituración	Compuesto agregado: carboximetilcelulosa de sodio (Na-CMC) y Ácido clorhídrico (HCl) Procedencia: comercial en Europa
Mukhopadhyaya et al. (2019)	Esmectita modificada	Mineral: Esmectita (88%) y caolinita Contenido: cuarzo como impurezas Compuesto:	Método de intercambio catiónico y polimerización	Compuesto agregado: hexadecilo trimetilamonio (HDTMA), Persulfato amónico (NH ₄) ₂ S ₂ O ₈ y Ácido cítrico (C ₆ H ₈ O ₇). Procedencia: Mumbai/India
Thanh et al. (2019)	Gránulos de arcilla natural	Contenido: alto en hierro	Tratamiento de homogeneización manual, trituración, secado y tamizado	Compuesto agregado: Fe ₂ O ₃ , polvo de hierro (PI) y polvo de salvado de arroz (RB) Tamaño de partícula: 75 µm, 0.6 a 1.18mm

Buzetzky et al. (2019)	Bentonita modificada	Mineral: bentonita Contenido: alto en calcio Compuesto: SiO ₂ (73.29%), Al ₂ O ₃ (18.71%), Fe ₂ O ₃ (1.48%), CaO (2.29%) y MgO (4.23%)	Modificación de bentonitas mediante proceso de intercambio iónico	Compuesto agregado: Lantano(III), Cerio(III), Itrio(III), Hierro(III) Tamaño de partícula: Procedencia: Istenmezeje (Hungria)
Baikin et al. (2022)	Bentonita	Mineral: Montmorillonita, beidellita, hidromica, vermiculita calcinada y caolinita Contenido: Óxido de aluminio (20%), Óxido de hierro (4.5%) y Óxido de silicio (60-70%)	Mezclado homogéneo y filtración	Compuesto agregado: carbonato Procedencia: Sverdlovsk, Kurgan, Chelyabinsk
Barraque et al. (2021)	Montmorillonita	Mineral: Montmorillonita u organo-montmorillonita y magnetita Contenido: óxido de hierro	Proceso de homogeneización, RPM, lavado, liofilizado, molido y almacenado	Compuesto agregado: Bromuro de hexadeciltrimetilamonio surfactante (HDTMABr) (≥97%) Procedencia: Argentina
Sreedhar y Reddy (2019)	Bentonita	Mineral: Bentonita Contenido: Calcio	Lavado repetitivo, secado y conserva	Compuesto agregado: carbonato de sodio Procedencia: Hyderabad (India)

Yee et al. (2019)	Bentonita recubierta de quitosano	Mineral: Bentonita Composición: $\text{Al}_2\text{H}_2\text{Na}_2\text{O}_{13}\text{Si}_4$	Síntesis de arcilla recubierta con quitosano	Compuesto agregado: quitosano de bajo peso molecular, hidróxido de sodio (NaOH), ácido clorhídrico (HCl) y ácido nítrico (HNO_3) Dosis: 100 g Procedencia: Alemania
Yang et al. (2019)	Bentonita	Compuestos: SiO_2 (66%), Al_2O_3 (14%), Fe_2O_3 (5%), MgO (1.85%), Na_2O (2,25%), CaO (0.81%), K_2O (1,22%), $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{Na}_2\text{HAsO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, NaAsO_2 , $(\text{NH}_4)_6$ - $\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$, H_2SO_4 , $\text{C}_8\text{H}_4\text{K}_2\text{O}_{12}\text{Sb}_2 \cdot 3\text{HO}$, $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}(\text{BuOH})$, $\text{C}_6\text{H}_4\text{O}_2$ y $\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{N}_2\text{Na}_2\text{O}_8 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (EDTA-2Na)	Los fotocatalizadores compuestos BWO/BENT se fabricaron mediante el método hidrotermal.	Compuesto agregado: $\text{Na}_2\text{HAsO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, NaAsO_2 Procedencia: Xinjiang Nonmetallic/China

Danková et al. (2019)	<p>Bentonita</p> <hr/> <p>Bentonita modificada con Fe</p>	Composición: Óxido de aluminio. (Al_2O_3), Óxido de magnesio (MgO), Óxido de hierro (Fe_2O_3) y Óxido de calcio (CaO).	Tratamiento térmico y tamizado	Compuesto agregado: Partículas magnéticas sintéticas (MP) y Fe Tamaño de poro: 0,5 mm Procedencia: Jelšový potok/Eslovaquia
Rezvani y Mehdi (2018)	<p>Caolinita</p> <hr/> <p>Nanoarcilla de montmorillonita</p>	Mineral: Montmorillonita con grado de pureza 95%	Trituración manual y tamizado	Compuesto agregado: Tamaño de partícula: 150 μm Procedencia: Minas de arcilla de Lalejin, Hamedan/Irán
Khodadadi A., Kianinia Y. y Taheri-Nassaj, E. (2013)	Nanoarcilla de caolinita	Mineral: Caolín	Calcinación, Lixiviación y Filtración	Compuesto agregado: Ácido clorhídrico (HCl), Polietilenglicol, Amoníaco y Óxido de aluminio (Al_2O_3) Tamaño de medio poro: 6,91 nm Procedencia: Provincia de Hamedan, Irán

Foroutan et al. (2019)	Arcilla natural <hr/> Arcilla / Fe-Mn	Contenido: Si, Al, O, C y Mg	Trituración, Tamizado, Suspensión Y RPM.	Compuesto agregado: Hierro, Manganeso, Permanganato de potasio (KMnO ₄) y Cloruro de hierro (FeCl ₃) Tamaño de partícula: 0.45 µm Procedencia: iraní
Francisca M. Francisca y Carro Pérez Magalí (2014)	Arcilla / Fe-Mn	Mineral: Montmorillonita sódica (92%) Composición: Aluminio y Hierro.	50% Óxido e Hidróxidos de hierro y aluminio / Alto contenido de montmorillonítico de color oscuro, con presencia de Óxido Férrico / 92% Montmorillonita sódica	Tamaño de partícula: < 2 mm Procedencia: Argentina/Rio Negro
Meichtry et al. (2015)	Arcilla natural <hr/> Arcilla natural con Fe(0)	Mineral: Laterita Contenido: Compuesto: Hierro microparticulado (µFe(0)) pureza (>99,8%), y viruta de hierro comercial (vFe(0)).	Trituración y Filtración	Compuesto agregado: Fe Tamaño de partícula: 0.074 mm Procedencia: Prov. Misiones, Argentina

Iriel et al. (2020)	Montmorillonita modificada con hierro (Fe-Mt)	Contenido: Hierro	Montmorillonita modificada con Fe [Fe-Mt]	Compuesto agregado: Fe Tamaño de partícula: menor a 125 um
Francisca M. Francisca y Carro Pérez Magalí (2014)	Suelos residuales (Arcilla Roja) Suelos residuales (Arcilla Gris) Bentonita Zeolita	Mineral: Montmorillonita sódica (92%) Composición: 50% Óxido e Hidróxidos de hierro y aluminio / Alto montmorillonítico de color oscuro, con presencia de óxido férrico	Muestras puras sometidas a identificación por microscopía electrónica de barrido (SEM) y análisis de energía dispersiva de rayos X (EDX)	Tamaño de partícula: < 2 mm Procedencia: Argentina/Rio Negro
Rusmana et al. (2019)	Zeolita modificada	Mineral: Cristobalita, Albita, Cuarzo y Clinoptilolita.	Modificación de zeolita con FeCl ₃	Compuesto agregado: Ozono (O ₃) / FeCl ₃ . Dosis de compuesto: 5 mg, 7.4 mg y 10.1 mg/ solución acuosa de 125 cm ³ de FeCl ₃ . Dosis de arcilla: 1 g / 100 g Tamaño de partícula: 210 μm Procedencia: Indonesia

Majumber y Jha
(2020)

Minerales de
bentonita

Contenido: Montmorillonita

Muestras puras,
así como
derivados de las
bentonitas
pulverizadas y
puestas a prueba
con solución de
bencidina

Dosis de arcilla: 1 g, 2
g, 3 g. Procedencia:
Hazaribagh y Rajmahal
Hills

La tabla 2 muestra la información encontrada sobre la preparación de las mezclas de arcillas para la remoción de arsénico, tal y como ya se ha expuesto en este trabajo, el arsénico y sus compuestos son considerados como cancerígenos para los humanos. Por ello se hace importante realizar pruebas para lograr su remoción. En tal sentido, el trabajo realizado por (Hua, 2018) resalta que la preparación híbrida de bentonita co-modificada con óxido de manganeso y polímero catiónico que efectuó, mostró adsorción efectiva y eficiente para arsénico de baja concentración, pero se encontró con la limitante que esta preparación de arcillas no es efectiva para el As (III) si no es oxidado previamente a As (V). Por otra parte, (Dousova et al., 2018) señalaron que los óxidos de Fe disponibles pueden mejorar la adsorción de las arcillas a las partículas aniónicas como el fosfato, que suelen ser limitantes en la adsorción, para lo cual efectuaron la modificación orgánica (con surfactante, injerto con quitosano y activación con ácido orgánico). (Selvan et al., 2022) efectuó un trabajo, utilizando una mezcla de arcillas preparadas a través del método de reducción de borohidruro, (Ihekweme et al., 2019) efectuaron una investigación donde propusieron una mezcla a través de la caracterización y modificación por peletización, cuyos efectos de ambos experimentos no fueron los esperados. (Rezvani, et al., 2018) realizaron una trituración manual y tamizado de las arcillas utilizadas determinaron que tienen más capacidad de intercambio iónico en comparación con el tipo de arcilla. También, (Rusmana et al., 2017) en su trabajo mezclaron el As(III) oxidado con O₃ en As(V) para el uso de zeolita modificada con FeCl₃, donde logró remover el arsénico entre los 45 a 90 minutos. (Mar, et.al, 2013) efectuaron sus mezclas con lignito, determinando que fue un adsorbente muy eficaz, resultando también uno de los más eficaces hasta ahora. Baigorria et al. (2020) no alcanzó los resultados esperados al efectuar sus mezclas, debido a que los niveles de remoción se lograron después de las 6 horas. (Mudzielwana et al. 2019) obtuvieron buenos resultados con sus mezclas, debido a que la remoción se dio en un 54,2% y 62,33%, resultando muy efectiva. Todo lo contrario, ocurrió con las mezclas de (Ren et al., 2014) quienes al implementar Fe en su mezcla les resultó muy eficiente al igual que lo hizo (Zao et al., 2021), que, al implementar el Fe, obtuvo una vía dominante para la liberación de As. A diferencia de (Saleh et al., 2015) que con la mezcla que utilizaron se obtuvo que la BT/CS mostrara una alta capacidad de adsorción (160 mg/g) debido al diámetro de poro de su arcilla

(6.2 - 12.1 nm). En (Bentahar et al., 2016), su mezcla estuvo conformada por varias arcillas, aplicando la cantidad de 1,076 mg/g, por lo que el resultado fue positivo, pues logra remover el arsénico de medios acuosos. Shokri et al. (2016) utilizaron organoarcilla al 1,5% y al 2,0%, aunque no les dio los resultados esperados, sí recomiendan la mezcla pues sí demostró que libera a los medios acuosos del arsénico. (Ozola et al., 2019) aplicaron la modificación de la arcilla con compuestos de Fe (FeOOH), que mejora significativamente la capacidad de sorción de As(V), coincidiendo con otros autores que han utilizado este componente en sus mezclas, como es el caso de (Nader y Helinä, 2013) quienes señalan que el óxido de Fe y el agregado de arcilla expansiva lograron remover el As en medio acuosos durante el estudio, del mismo modo que (Jinming et al., 2018) en su estudio, dio resultados positivos al reducir al 50% el As, después de mezclar los compuestos producidos; caso contrario a (Tong et al., 2022) los cuales en su estudio no fueron concluyentes al no presentar datos concretos sobre la mezcla de Fe (III) y OTC para la remoción de As. (Quiroga, Junca y Merino, 2021) utilizaron el sólido ZnMgFe que tuvo la eficacia de eliminar ambas especies de arsénico con valores de 95 y 98% para As(III) y As(V), respectivamente, lo que otras mezclas no han logrado; (Wang et al., 2022) crearon una mezcla de Zr-LMB que aplicado por un lapso de 30 días, debilitó en gran medida el gradiente de concentración de As disuelto en medios acuosos, resultando una mezcla con efectos positivos; (Fakhreddine y Fendorf, 2021) a diferencia de los otros trabajos, se dedicaron a trabajar la porosidad de las arcillas, donde señalan que al mezclarse con aluminio y hierro son muy eficaces en la remoción de As; estudios que van de la mano con el efectuado por (Wang et al., 2019) quienes mezclaron lodo rojo con meta caolín, dando resultados muy eficientes de inmovilización de As (99,9%).

Tabla 3. Condiciones óptimas de los parámetros de remoción de arsénico en medio acuoso

Especie de arsénico removido	Condiciones experimentales	% Eficiencia	Referencia
Arsénico elemental (As(V))	Dosis de adsorbente= 15 mg, concentración inicial del contaminante= 1.0 mg/L, pH= 4,0 a 6,0	98%	J. Hua (2018)
Arseniato de sodio dibásico heptahidratado (Na ₂ HAsO ₄ ·7H ₂ O) - As(V)	Dosis de adsorbente= 0,3 g, concentración inicial del contaminante= 300 mg/L	-	Jo et al. (2021)
As(V) - H ₂ AsO ₄ ⁻	Dosis de adsorbente= 1-2g, concentración inicial del contaminante= 1-5 mg/L, pH= 3 y 7 lignito / 2-7 bentonita		
As(V) - HAsO ₄ ²⁻	Dosis de adsorbente= 1-2g, concentración inicial del contaminante= 1-5 mg/L, pH= 7 y 11 lignito / 2-7 bentonita	-	Mar et al. (2013)
As(III) - (As ₂ O ₃)	Dosis de adsorbente= 1-2g, concentración inicial del contaminante= 1-5 mg/L, pH= > 4 lignito / 8 bentonita		
As(V) - KH ₂ AsO ₄	Dosis de adsorbente= 20 g L ⁻¹ , concentración inicial del contaminante= 1 × 10 ⁻⁴ mol L ⁻¹ , pH= 6,5 y 9,3	>75%	Dousova et al. (2018)
As(V) - H ₂ AsO ₄ ⁻ - HAsO ₄ ²⁻	Dosis de adsorbente= 2 g/L, concentración inicial del contaminante= 6,74 mg/L, pH= 3	85%	Pawar et al. (2018)
As (V) - Na ₂ HAsO ₄ ·7H ₂ O	Dosis de adsorbente= 0.5 - 1 g, concentración inicial del contaminante= 50 µg mL ⁻¹ , pH= 8.20	48,56%	Mukhopadhyay et al. (2017)
	Dosis de adsorbente= 0.5 - 1.0 g, concentración inicial del contaminante= 50 µg mL ⁻¹ pH= 3.93	73,64%	
	Dosis de adsorbente= 0.5 - 1 g, concentración inicial del contaminante= 50 µg mL ⁻¹ pH= 5.95	78,82%	

	Dosis de adsorbente= 0.5 - 1 g, concentración inicial del contaminante= 50 µg mL ⁻¹ pH= 6.75	66.07%	
	Dosis de adsorbente= 0.5 - 1 g, concentración inicial del contaminante= 50 µg mL ⁻¹ pH= 6.50	79.05%	
As(III)	Dosis de adsorbente= (0,1 g - 0,2 g) / 100mL, concentración inicial del contaminante= 5 mg/L, pH= 6.0	54.20%	Mudzielwana et al. (2019)
As(V)	Dosis de adsorbente= 0,1 g - 0,2 g, concentración inicial del contaminante= 5 mg/L pH= 6.0	62.33%	
As(III) / As(V)	Dosis de adsorbente= 4 g/L, concentración inicial del contaminante= 5 mg/L pH= 4.0 - 10.0	-	Ren et al. (2014)
As (III) / As(V)	Dosis de adsorbente= 8 g/L Concentración inicial del contaminante= pH= 3.0 - 10.0	≥99%	Saleh et al. (2015)
As(V)	Dosis de adsorbente= 2 g/L, concentración inicial del contaminante= 200 ug/L, pH= 5 a 7	76%	Zao et al. (2021)
As(V)	Dosis de adsorbente= 1 mg/L, concentración inicial del contaminante= 1 mg/L, pH= 5.6	98%	Bentahar et al. (2016)
As(V)	Dosis de adsorbente= 0.2500 g/L, concentración inicial del contaminante= 20 mg/L, pH= 6 a 9	78,00%	Ozola et al. (2019)
As (V)	Dosis de adsorbente= 1,5 g L ⁻¹ , concentración inicial del contaminante= pH= 7.5	40 %	Fakhreddine y Fendorf (2021)
As(V)	Dosis de adsorbente= 0.4 g/100 ml, concentración inicial del contaminante= 1 mg/l, pH= 8.5	>85%	Mudzielwana, Gitari y Ndungu (2019)
As(V)	Dosis de adsorbente= Mt-Lys. (1 g/l), concentración inicial del	94%	Shokri et al. (2016)

	contaminante= 2-200 (mg/L), pH= 5 a 7		
As(V)	Dosis de adsorbente= Mt-Arg (1g/l), concentración inicial del contaminante= 5–20 (mg/L), pH= 5 a 7	96%	
As(III)	Dosis de adsorbente= 1 g/l, concentración inicial del contaminante= 10 a 200 mg/l, pH= 6.7	85%	Miljkovic et al. (2019)
As(V)	Dosis de adsorbente= Esmectita modificada con surfactante (2,5 g L ⁻¹), Concentración inicial del contaminante= 50 mg L ⁻¹ , pH= 6.7	66.90 %	Majumder y Jha (2020)
	Dosis de adsorbente= Esmectita activada con ácido cítrico (2,5 g L ⁻¹) Concentración inicial del contaminante= 50 mg L ⁻¹ , pH= 6.7	63.23 %	
	Dosis de adsorbente= Compuesto de polímero de arcilla injertado con quitosano (2,5 g L ⁻¹) Concentración inicial del contaminante= 50 mg L ⁻¹ , pH= 6.7	57.22 %	
	Dosis de adsorbente= Esmectita no modificada (2,5 g L ⁻¹), Concentración inicial del contaminante= 50 mg L ⁻¹ , pH= 6.7	48.55 %	
As (III)	Dosis de adsorbente= 100 mg Concentración inicial del contaminante= 20 cm ³ pH= 7 a 8.5	-	Buzetzký et al. (2019)
As(0)	Dosis de adsorbente= 50 g Concentración inicial del contaminante= - 0,5 mg/L pH= 6 a 7	-	Baikin et al. (2022)
As(V)	Dosis de adsorbente= montmorillonita magnética (MtMag) 1,5 g L ⁻¹ , Concentración inicial del contaminante= 0,5 mg L ⁻¹ , pH= 4	100%	Barraque et al. (2021)
As(V)	Dosis de adsorbente= Organomontmorillonita magnética (O100MtMag) 0,5 g L ⁻¹ , Concentración inicial del contaminante= 0,5 mg L ⁻¹ , pH= 8	>90%	
As (V)	Dosis de adsorbente= 1,5 g, Concentración inicial del	75%	Yee et al. (2019)

	contaminante= 50,99 µg/L, pH= 2.8		
As (III) y As(V)	Dosis de adsorbente= Concentración inicial del contaminante= 10 mg L-1, pH= 7,1	-	Yang et al. (2019)
As (V)	Dosis de adsorbente= bentonita (B) 10 g/L, Concentración inicial del contaminante= 30 mg As (V)/L, pH= 4	93.3 %	
As (V)	Dosis de adsorbente= bentonita enriquecida con Fe (FB) 10 g/L, Concentración inicial del contaminante= 10-50 mg As (V) / L, pH= 4	74 %	Danková et al. (2019)
As(III)	Dosis de adsorbente= 0,1 g, Concentración inicial del contaminante= 100 g L-1, pH= 9- 10	95%	Nader y Helinä (2019)
As(V)	Dosis de adsorbente= 0,1 g, Concentración inicial del contaminante= 100 g L-1, pH= 2-4		
As (III)	Dosis de adsorbente= 0.5 - 1 g, Concentración inicial del contaminante= 10 mg/L, pH= 5.5 - 7.5	97.65%	Khodadadi A., Kianinia Y. y Taheri-Nassaj, E. (2013)
As(V)	Dosis de adsorbente= 2 g/L, Concentración inicial del contaminante= 20 mg/L, pH= 3	93.79%	Foroutan et al. (2019)
	Dosis de adsorbente= 2 g/L, Concentración inicial del contaminante= 20 mg/L, pH= 4	97.83%	
As (III) y As (V)	Dosis de adsorbente= bentonita 500 mg/L con 10 mg/L de Cloruro férico, Concentración inicial del contaminante= 2 mg/L., pH= 2 a 4	≥ 80%	
As (III) y As (V)	Dosis de adsorbente= zeolita 500 mg/L con 50 mg/L de Cloruro férico Concentración inicial del contaminante= 2 mg/L., pH= 2 a 4	≥ 80%	(Francisca M. Francisca y Carro Pérez Magalí, 2014)
As (III) y As (V)	Dosis de adsorbente= (AG) 500 mg/L con 50 mg/L de Cloruro férico, Concentración inicial del contaminante= 2 mg/L, pH= 2 a 4	≥ 80%	

As (III) y As (V)	Dosis de adsorbente= (AR) 500 mg/L, Concentración inicial del contaminante= 2 mg/L, pH= 2 a 4	20%	
As (III)	Dosis de adsorbente= bentonita 4000 mg/L con 50 mg/L de sulfato de aluminio, Concentración inicial del contaminante= 2.0 mg/L, pH= 2 a 4	80%	
As (V)	Dosis de adsorbente= Mt- Fe 0,25 mg, Concentración inicial del contaminante= 1 mg/L, pH= 4	99%	Iriel et al. (2020)
As (III) y As (V)	Dosis de adsorbente= Concentración inicial del contaminante= 5 mg L-1, pH= 7	≥0,95%	Meichtry et al. (2015)
As (III) y As (V)	Dosis de adsorbente= Concentración inicial del contaminante= 5 mg L-1 pH= 5,5 < pH < 6,0		
As (III) y As (V)	Dosis de adsorbente= Zeolita 12.5 mg/L, Concentración inicial del contaminante= 3 mg/ L, pH= 11	55%	
As (III) y As (V)	Dosis de adsorbente= Zeolita 10 mg/L, Concentración inicial del contaminante= 3 mg/ L, pH= 3	50%	Rusmana et al. (2019)
As (III) y As (V)	Dosis de adsorbente= Ozono-Zeolita 10 mg/L, Concentración inicial del contaminante= 3 mg/ L, pH= 3	100%	
As (III) y As (V)	Dosis de adsorbente= Ozono-Zeolita 12,5 g/L, Concentración inicial del contaminante= 3 mg/ L pH= 11	100%	

La tabla 3 muestra 30 artículos que reúnen los parámetros considerados como óptimos para una eficiente remoción del arsénico. En tal sentido, (Hua, 2018) y (Jo et al., 2021) nos indican que una remoción eficiente del contaminante, se estaba fuertemente ligado al aumento en la dosis del adsorbente, sin embargo, presentaron inhibición en la eliminación del arsénico por la presencia de los aniones añadidos, sobre todo por parte del fosfato, del mismo modo (Mukhopadhyay et al., 2017) también se topó con la limitación por presencia de fosfato en el adsorbente desarrollado, este problema se debe, a que el arsénico es análogo al fosfato, pero

no debería ser significativo, por la falta de presencia de fosfato en el medio natural de las aguas subterráneas. Por otro lado, (Yang et al., 2019), para obtener mejores resultados, realizó el proceso de oxidación de As(III) a As(V), el cual se logró en condiciones neutras y alcalinas ($\text{pH} > 7,1$), misma acción que tomaron (Meichtry et al., 2015), utilizando hipoclorito de sodio como oxidante, de tal manera que obtuvo un porcentaje de remoción $\geq 80\%$, ante esto, (Iriel et al., 2020) indica que se debe al intercambio iónico, por las cargas de atracción y repulsión. Por otra parte (Dousova et al., 2018) señalaron con la mezcla de arcillas que ellos lograron preparar y someter a las pruebas, que los óxidos de Fe disponibles pueden mejorar la adsorción de las arcillas a las partículas aniónicas, marcando una opción contra la brecha presentada en la investigación antes mencionada de (Mukhopadhyay, et al., 2019), Caso contrario, no se muestra el mismo resultado en el estudio realizado por (Ates, et al., 2018) el cual deja claro que el intercambio iónico con NH_4^+ en zeolita natural aumentó significativamente su capacidad de adsorción de As(III) y As(V). Zaman et. al. (2021), por su parte expresa en sus estudios que a pesar de utilizar en sus mezclas las mismas cantidades que (Ates, et al., 2018), la capacidad máxima de adsorción de As(V) de este compuesto fue de 23,12 mg/g en condiciones ambientales. Pawar et al. (2018), en sus mezclas observó un porcentaje de absorción de arseniato a un pH bajo ($\text{pH} < 7,0$) debido a la fuerza de atracción entre las especies de As (V) cargadas negativamente y la superficie de carga positiva de las perlas compuestas. Lo mismo que en el caso de Nader y Helinä (2019), que observó eficiencia a pH 2-4, esto se puede atribuir al hecho de que, a pH bajo, el Al y el Fe innatos en el LECA sin recubrimiento estaban en forma más cristalina y, por lo tanto, menos propensos a ser disueltos por protones que el Al y el Fe en los materiales recubiertos. (Mar et al., 2013), que dependían de la presencia del pH, y la cantidad máxima de adsorción se observó alrededor de un pH neutral, independientemente del adsorbente y las formas químicas de As.

Tabla 4. Efectos de los parámetros en la remoción de arsénico en medio acuoso

Autor	Adsorbente	Parámetros	Valores	Efectos
(J. Hua, 2018)	Bentonita modificada (óxidos de manganeso y cloruro de poli (dimetildialilamonio))	Temperatura	25 a 45 °C	Obtuvieron una mejor eliminación del arsénico con una tasa de 87% a 91% con el aumento prolongado de temperatura.
		Tiempo de contacto	30 a 40 min	Mostró altos niveles de remoción en los primeros 30 min y alcanzó el 90% en 40 min.
			> 60 min	Redujo el porcentaje de remoción, debido a que una parte del arsénico adsorbido se desprendió de la superficie del adsorbente bajo agitación magnética.
(Mar et al., 2013)	Bentonita	pH	> 8	Disminución en el proceso de remoción de arsénico cuando el pH aumenta.
(Dousova et al., 2018)	Caolín (KC) y bentonita (BT) con alto contenido de Fe	pH	-	Redujo la tasa de remoción de arsénico, por la presencia de los niveles de hidrógeno.
(Pawar et al., 2018)	Arcilla modificada con óxido de hierro	pH	3	Incrementó el porcentaje de remoción de As(V) a 85%.
			5 a 9	Redujo el porcentaje de

				remoción a un 42%.
		Tiempo de contacto	1 a 24 hrs	Mostró un proceso lento en la absorción de As(V).
(Mukhopadhyay et al., 2017)	Esmectita y Caolinita	Tiempo de contacto	20 min	Mostró una remoción rápida en los primeros minutos, con la esmectita no modificada y esmectita con intercambio iónico de Fe.
		pH	4 a 8	Mostró un bajo rendimiento de remoción de As(III) y As(V) a niveles >8 pH y <4 pH.
(Mudzielwana et al., 2019)	Caolín modificado	Temperatura	-	Mostró ser un proceso de naturaleza exotérmica con los modelos termodinámicos de adsorción para los iones de As(III) y As(V).
(Ren et al., 2014)	Montmorillonita modificada (poli cationes de Fe y bromuro de cetiltrimetilamonio (CTMAB))	Dosis	1 a 8 g L ⁻¹	Mejóro el proceso de eliminación de As(III) y As(V), con el incremento de dosis. Se observó un efecto con un tiempo de reacción de 1hr.

(Saleh et al., 2015)	Bentonita (BT) con Quitosano (CS) y Titanio (TiO)	Temperatura	> T°	Aumentó la eficiencia de fotooxidación y adsorción de arsénico.
(Bentahar et al., 2016)	Arcillas naturales (R, Y, E, A) y Arcilla Rhassoul	pH	2 a 8	Mostró niveles altos de eliminación de As(V), frente a las especies aniónicas de arseniato. La adsorción en arcilla R, arcilla A y arcilla E se favoreció a pH ácido.
			> 8	Redujo el porcentaje de eliminación de arseniato, debido a las especies de arseniato.
		Tiempo	24 hrs a 240 hrs	Mostró un lento proceso de remoción de As(V).
(Shokri et al., 2016)	Nanoarcilla	Tiempo	1 a 4 hrs	Mostró un incremento de adsorción de As(V) en el periodo de tiempo.
			12 hrs	Redujo el porcentaje de arseniato adsorbido.
		pH	2, 9 y 11	Redujo la eficiencia de eliminación del As(V) al aumentar el pH.

(Ates, Özkan, y Canbaz, 2018)	Zeolita natural y Zeolita modificada	pH	1.5 a 5	Mostró niveles más altos de eliminación de As(V).
(Shokri, Yegani y Akbarzadeh, 2017)	Mt natural y Mt-Arg (Arginina)	Temperatura	-	Mejoró la adsorción al aumento de temperatura, indicando su naturaleza endotérmica.
		pH	<7	Brindó una adsorción favorable de As(V) con la arcilla R.
(Zaman et al., 2021)	Esmectita de tipo saponita	pH	<7	Incremento lentamente la eficiencia de sorción con la reducción del pH (medio ácido).
(Almasri et al., 2018)	Nanoarcilla de montmorillonita cruda (MMT) y montmorillonita modificada con hidroxido de hierro (HyFe-MMT)	Dosis	-	Incrementó la cantidad eliminada de As(III), al aumentar la dosis de MMT modificada y no se observó ningún cambio significativo en el porcentaje de eliminación para el MMT no modificada.
		Tiempo de contacto	1 -15 min	Incrementó el % de eliminación de As(III) al aumentar el tiempo de contacto.
(Dengke et al. 2020)	Arcilla atapulgita	pH	7 a 9	Incrementó la adsorción de As(III) al aumentar el pH hasta 9.

		Temperatura	24.85 a 44.85 °C	En el proceso de remoción de As (III) mostro ser de naturaleza endotérmica.
(Ihekweme et al., 2021)	Agregado de arcilla expandida (ECA)	pH	2 a 8	Mostró que a valores bajos de pH reduce el % de remoción de arsénico.
(Quiroga, Junca y Merino, 2021)	Arcillas aniónicas (hidróxidos dobles tricapa (LDH))	pH	6 a 8	Mostró una eficiente eliminación de arseniato en un medio alcalino.
(Wang et al., 2022)	Bentonita modificada	Tiempo	5 a 40 min	Mostró una rápida adsorción de arsenito en los primeros 5 min, con 7.82 $\mu\text{g}/(\text{g}\cdot\text{min})$ y de manera similar, la adsorción del As(V) se dio a 10 min con una tasa de adsorción de 5,76 $\mu\text{g}/(\text{g}\cdot\text{min})$, sin embargo, tendía a disminuir y alcanzar el equilibrio después de 30 min.

Fakhreddine y Fendorf. 2021	Arcilla (Esmectita ilita y pirofilita)	pH	4 a 10	Incrementó el rendimiento de adsorción, al aumentar el pH, el cual tuvo un excelente rendimiento de adsorción (por encima del 90 %).
(Mudzielwana, Gitari y Ndungu, 2019)	Caolín crudo (RK) y modificada	pH	>7	Redujo el porcentaje de eliminación de As(V), con el aumento de pH.
(Marino et al., 2017)	Caolín modificado	Dosis	-	Aumentó la eliminación de arsénico, al aumentar la dosis (1.25 a 2.5 %) siendo 2.5 % el punto de equilibrio con una remoción máxima de arsénico de 30% en peso, luego disminuyó cuando la concentración de caolín aumentó hasta >5% en peso.
(Shokri et al., 2018)	Montmorillonita modificada (Arginina (Arg)) y Lisina (Lys)	Tiempo de contacto	30 a 120 min	Mostró una remoción a partir del minuto 30 a 120 y la adsorción ocurre rápidamente en este intervalo de tiempo para ambos adsorbentes, obteniendo una adsorción de 90% de As(V).

(Mukhopadhyay et al., 2019)	Esmectitas modificadas orgánicamente.	pH	-	Disminuyó la tasa de adsorción con el incremento del pH.
(Thanh et al., 2019)	Gránulos de arcilla natural	pH	>8	Redujo el % de remoción de As.

La tabla 4 seleccionó 24 artículos de investigación, los cuales describen los efectos de los parámetros en el proceso de remoción de As(III) y As(V), basados en el pH, tiempo de contacto, dosis y temperatura. El trabajo realizado por (Mar et al., 2013) menciona que, al aumentar la temperatura, mejoró la concentración de arsénico removido, de igual forma (Dengke et al., 2020), obtuvo un incremento en la remoción de As(III) al aumentar la temperatura de 298 a 318 °K, siendo un proceso de remoción de naturaleza endotérmica. Este último efecto concuerda con (J. Hua, 2018), pero adicionó que el aumento de temperatura, aumenta la movilidad de las especies de arsénico en la solución, reduce la resistencia a transferencia de masa del adsorbato, aumenta en los sitios activos, debido a la ruptura de la unión y un efecto es el hinchamiento dentro de la estructura interna del adsorbente, permitiendo obtener una remoción > 90%. Por otro lado (Dousova et al., 2018), menciona que la presencia del hidrógeno, generó una variación en la remoción de arsénico. Este último efecto concuerda con (Shokri et al., 2016) pero adicionó a dicho resultado, se debe a la interacción de los iones metálicos de los sitios activos del adsorbente. Por otra parte, (Pawar et al., 2018) señala que obtuvo un alto % de remoción de As(V) con 3 pH (medio ácido), sin embargo, el pH >5, redujo la remoción a 42%. Por lo contrario (Ihekweme et al., 2021), con el mismo parámetro, obtuvo una tasa baja de remoción de As(V) con pH (ácido). Por otro lado (Quiroga, Junca y Merino, 2021) adiciona a dicho resultado, cuando el pH de la solución es más alto al pH de la superficie del adsorbente, esta se carga negativamente (generando que las especies aniónicas del arsenato, sean repelidas por la superficie del adsorbente). Sin embargo, cuando el pH de la solución es más bajo que el pH de la superficie del adsorbente, esta se carga positivamente, lo que es

beneficioso para la adsorción de las especies aniónicas cargadas negativamente (Wang et al., 2022). Por otra parte (Zaman et al., 2021) coincide con la adsorción de As con valores < 7 pH, siendo el pH 2 el óptimo con 92.41% de remoción. Sin embargo, esto se debe a que el pH afecta el grado de ionización de los oxianiones de arsénico (Shokri, Yegani y Akbarzadeh. 2017). Por otra parte (Mudzielwana et al., 2019) encontró limitaciones al exceder > 8 pH o < 4 pH y variaciones de temperatura. Este efecto concuerda con (Ren et al., 2014) pero señala que estos efectos son provocados por las cargas superficiales del adsorbente, con niveles altos de pH (alcalino), el cual está cargada negativamente, generando intensas fuerzas de repulsión, dificulta el intercambio iónico y como consecuencia reduce la absorción del arsenito. Sin embargo (Ates, Özkan, y Canbaz, 2018), menciona que la adsorción depende no solo de las propiedades de carga de la superficie del adsorbente sino también de las interacciones específicas entre los grupos funcionales en la superficie del adsorbente y las especies adsorbidas.

Por otro lado (Fakhreddine y Fendorf, 2021) adiciona, que la tasa baja de remoción, se debe al compuesto agregado (iones de hierro), la estructura compacta y la porosidad del adsorbente que provocan variación al tiempo de remoción. Por otro lado (Mukhopadhyay et al., 2017), utilizó minerales arcillosos modificados con Fe y Titanio, obtuvo una remoción en los primeros 20 min. Este último efecto concuerda con (Shokri et al., 2018) pero adicionó, que se debe a la formación de hidróxidos y óxidos de hierro mediante procesos de oxidación y los átomos de oxígeno. Por otro lado (Saleh et al., 2015) Mostró un incremento de remoción de arsénico, al aumentar la dosis del adsorbente. En tanto (Almasri et al., 2018) indica, que es resultado a la mayor capacidad de saturación. De la misma forma (Marino et al., 2017) incrementó la concentración de arsénico removido al aumentar la dosis de 1.25% hasta llegar al punto de equilibrio 2.5% peso del adsorbente, con una remoción máxima de 30%, luego una disminución al exceder $> 5\%$ peso de adsorbente. De acuerdo a (Bentahar et al., 2016) y (Hua, 2018), se debe a que una parte del arsénico adsorbido se desprendió de la superficie del adsorbente por agitación, tiempo de contacto y la capacidad porosa del adsorbente.

V. CONCLUSIONES

- Se identificaron 48 métodos de preparación de adsorbentes a base de arcillas, de los cuales se destacan los que utilizaron la arcilla de bentonita con un porcentaje de 26% y siendo arcillas modificadas el 70% de las mismas.
- Se concluye que, los parámetros óptimos de remoción más resaltantes, son para arcillas de bentonita respecto al As(V) con un pH de 3 a 10, para una concentración de contaminante de mínimo 15 mg/L hasta 200 mg/L y dosis de adsorbente de mínimo 2 g/L, con estos parámetros se llegó a una eficiencia elevada de remoción (entre 85% a 99%)
- Se concluye que, los parámetros generan efectos en el proceso de remoción de arsénico, como la concentración de pH (ácido, neutro y alcalino), tiempo de contacto (minutos, horas y días), variación de temperatura (25 a 45°C) y dosis del adsorbente (mg/L), estos parámetros pueden mejorar o reducir el porcentaje de remoción, conforme a sus concentraciones y escenario de aplicación.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda ampliar estudios de nanoarcillas de caolín respecto a su caracterización para aumentar la porosidad, la cual permite un mejor flujo para la remoción, debido al gran potencial que muestra para obtener una remoción de arsénico muy eficiente.
- Se recomienda realizar investigaciones experimentales acerca de los mecanismos de interacción entre adsorbentes y los aniones que forman parte del entorno natural de los medios acuosos, debido a la inhibición de la remoción que se presenta en algunas investigaciones por aniones como el fosfato.
- Se recomienda ampliar estudios de coloides de arcilla respecto a su unidad de área y en un pH neutro, ya que promueven la adsorción y afinidad de los óxidos de hierro con el As. Sobre todo, por su capacidad para inmovilizar el As (III), que viene a ser la especie más difícil de As para remover.

REFERENCIAS

1. ACUÑA-PIEDRA, Andrea [et al]. Selección teórica de adsorbentes potenciales naturales de bajo costo para la remoción de arsénico en el agua de consumo humano en Costa Rica. *Revista Tecnología en Marcha* [en línea]. 2016, vol. 29, p. 23-34. [Fecha de consulta: 12 de abril del 2022]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.18845/tm.v29i6.2899>
(https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0379-39822016000800023&script=sci_abstract&tlng=es)
ISSN 0379-3982.
2. APAZA, Rolando y CALCINA, Elias. CONTAMINACIÓN NATURAL DE AGUAS SUBTERRANEAS POR ARSÉNICO EN LA ZONA DE CARANCAS Y HUATA, PUNO. *Investig. Altoandin* [en línea]. 2014, vol. 16, n°1, p. 51-58. [Fecha de consulta: 10 de Abril del 2022]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5893904>
ISSN: 2306-8582
3. ARIAS, Maria y GIRALDO, Ana. 2011. El rigor en la investigación cualitativa. *Investigación y Educación en Enfermería* vol. 29, p. 500-514. [En línea] agosto de 2011. [Citado el: 21 de mayo de 2022.] <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=105222406020>. ISSN: 0120-5307.
4. ALMASRI, Dema. A. [et al]. High performance hydroxyiron modified montmorillonite nanoclay adsorbent for arsenite removal. *Chemical Engineering Journal* [en línea]. 1 de marzo del 2018, vol. 335, p. 1-12. [Fecha de consulta: 12 de junio del 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2017.10.031>
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1385894717317370>)
ISSN: 1385-8947

5. ATES, Ayten [et al]. Role of modification of natural zeolite in removal of arsenic from aqueous solutions. *Acta Chimica Slovenica* [en línea]. 2018, vol. 65, n° 3, p. 586-598. [Fecha de consulta: 10 de junio del 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.17344/acsi.2018.4218>
ISSN: 13180207
6. BENTAHAR, Yassine, et. al. 2015. Adsorptive properties of Moroccan clays for the removal of arsenic(V) from aqueous solution. *Applied Clay Science*. [En línea] 12 de noviembre de 2015. [Citado el: 09 de mayo de 2022.] <https://doi.org/10.1016/j.clay.2015.11.008>.
7. BARRAQUÉ, Facundo [et al]. Arsenate removal from aqueous solution by montmorillonite and organo-montmorillonite magnetic materials. *Environmental Research* [en línea]. Enero del 2021, vol. 192. [Fecha de consulta: 10 de junio del 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110247>
ISSN: 00139351
8. BAIGORRIA, Estefania, et al. 2020. Bentonite-composite polyvinyl alcohol/alginate hydrogel beads: Preparation, characterization and their use as arsenic removal devices. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*. [En línea] 14 de diciembre de 2020. [Citado el: 09 de mayo de 2022.] <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2020.100364>.
9. BAIKIN, Yu [et al]. Study of the natural mineral sorbents' absorption properties of the Ural region (Russia). *Earth and Environmental Science* [en línea]. Enero del 2022. [Fecha de consulta: 15 de junio del 2022]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/949/1/012101>
10. BARROSO, María, IGLESIAS, Mónica y MERINO, Nora. 2021. Study of the effect of the LDH cations precursors in the removal of arsenic in aqueous solution. *Water Science & Technology* 8310. [En línea] 2021. [Citado el: 09 de mayo de 2022.] <https://doi.org/10.2166/wst.2021.153>.

11. BUZETSKY, Dora, et al. 2019. Application of Modified Bentonites for Arsenite (III) Removal from Drinking Water. *Periodica Polytechnica Chemical Engineering*, 63(1), pp. 113–121, 2019. [En línea] 07 de agosto de 2019. [Citado el: 09 de mayo de 2022.] <https://doi.org/10.3311/PPch.12197>.
12. CASTILLO, E. y VÁSQUEZ, M. 2003. El rigor metodológico en la investigación Cualitativa. *Colombia Médica*, Volumen. 34, número 3. [En línea] junio de 2003. [Citado el: 21 de mayo de 2022.] <https://www.redalyc.org/pdf/283/28334309.pdf.0120-8322>.
13. CELEBI, Hakan, BILICAN, Ismail y BAHADIR, Tolga. 2021. Applicability of innovative adsorbents in geogenic arsenic removal. *Journal of Cleaner Production* Volume 327, 10 December 2021, 129475. [En línea] 23 de octubre de 2021. [Citado el: 08 de mayo de 2022.] <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129475>.
14. CERONI GALLOSO, Mario. ¿Investigación básica, aplicada o sólo investigación?. *Revista de la Sociedad Química del Perú* [en línea]. Mazo del 2010, vol. 76, n°1. [Fecha de consulta: 10 de abril del 2022]. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2010000100001
15. DANKOVÁ, Zuzana [et al]. Experimental study of As(V) adsorption onto different adsorbents. *Chemija* [en línea]. 30 de junio del 2019, vol. 30, n°2, p. 49-59. [Fecha de consulta: 24 de junio del 2022]. Disponible en: (https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85070929004&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=bentonite+arsenic&nlo=&nlr=&nls=&sid=2dd319de3b9da78ade7de6cd1b4a78b8&sot=b&sdt=cl&cluster=scofreetoread%2c%22all%22%2ct&sl=32&s=TITLE-ABS-KEY%28bentonite+arsenic%29&relpos=10&citeCnt=1&searchTerm=&featureToggles=FEATURE_NEW_DOC_DETAILS_EXPORT:1)

ISSN: 02357216

16. DILL, Laís, et al. 2021. Brazilian Mineral Clays: Classification, Acid Activation and Application as Catalysts for Methyl Esterification Reactions. *Journal of the Brazilian Chemical Society* v. 32, n. 1, pp. 145-157. [en línea]. Enero de 2021. ISSN 1678-4790. DOI: <https://doi.org/10.21577/0103-5053.20200164>
17. DENGKE, Yao y JOHN, Crittenden. Promotion mechanism of natural clay colloids in the adsorption of arsenite on iron oxide particles in water. *Chemical Engineering Journal* [en línea]. 15 de Julio de 2020, vol. 392. [Fecha de consulta: 20 de mayo del 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2019.123637>
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1385894719330529>)
ISSN 1385-8947
18. DOUSOVA, Barbora, et al. 2018. Removal of arsenate and antimonate by acid-treated Fe-rich clays. *Journal of Hazardous Materials. Volume 357, 5 September 2018*. [En línea] marzo de 2018. [Citado el: 08 de mayo de 2022.] <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304389418304680?via%3Dihub>.
19. DUDEK, Sebastian y KOŁODYŃSKA, Dorota. Arsenic(V) removal on the lanthanum-modified ion exchanger with quaternary ammonium groups based on iron oxide. *Journal of Molecular Liquids* [en línea]. 1 de Febrero del 2022, vol. 347. [Fecha de consulta: 12 de junio del 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167732221027100>
<https://doi.org/10.1016/j.molliq.2021.117985>
ISSN 0167-7322
20. DÍAZ, Mayz. . ¿Cómo desarrollar de una manera comprensiva, el análisis cualitativo de los datos?. *Educere* [en línea]. Marzo del 2009, vol. 13. [Fecha de consulta: 12 de junio del 2022]. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-49102009000100007

21. DUARTE, Anderson [et al]. Arsenic adsorption on Mn₃O₄ surface: As(OH)₃/AsO(OH)₃ oxidation mechanism. *Applied Surface Science* [en línea]. 1 de Abril del 2022, vol 580. [Fecha de consulta: 10 de Junio del 2022]. Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2021.152213>
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169433221032414>
ISSN 0169-4332
22. DUONG, Hung [et al]. A new perspective on small-scale treatment systems for arsenic affected groundwater. *Environmental Technology & Innovation* [en línea]. Agosto del 2021, vol. 23. [Fecha de consulta: 12 de Abril del 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.eti.2021.101780>
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352186421004284>
ISSN 2352-1864
23. ESPINOZA, Eduardo. 2020. La investigación cualitativa, una herramienta ética. *Conrado [en línea]*. vol. 16, n° 75, p. [En línea] agosto de 2020. [Citado el: 21 de mayo de 2022.]
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1990-86442020000400103&lng=es&nrm=iso. ISSN: 2519-7320.
24. FRANCISCA, Franco M. y CARRO PÉREZ, Magalí. 2014. Remoción de arsénico en agua mediante procesos de coagulación-floculación. *Rev. Int. Contam. Ambie.* 30 (2) 177-190, 2014. [En línea] abril de 2014. [Citado el: 08 de mayo de 2022.]
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992014000200005.

25. FIGUEROA, Danilo [et al]. Equilibrio, termodinámica y modelos cinéticos en la adsorción de Rojo 40 sobre tuza de maíz. *Ingenierías Universidad de Medellín* [en línea]. 12 de Diciembre del 2014. [Fecha de consulta: 12 de mayo del 2022]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/320701269_Equilibrio_termodinamica_y_modelos_cineticos_en_la_adsorcion_de_Rojo_40_sobre_tuza_de_maiz
26. FAKHREDDINE, Sarah y FENDORF, Scott. The effect of porewater ionic composition on arsenate adsorption to clay minerals. *Science of the Total Environment* [en línea]. 1 de Setiembre del 2021, vol. 785. [Fecha de consulta: 6 de junio del 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147096>
(https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85105690794&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=clays+and+arsenic&nlo=&nlr=&nls=&sid=4c41918401a236ea24e1ca0c02eae185&sot=b&sdt=cl&cluster=scofreetoread%2c%22all%22%2ct&sl=32&s=TITLE-ABS-KEY%28clays+and+arsenic%29&relpos=18&citeCnt=1&searchTerm=&featureToggles=FEATURE_NEW_DOC_DETAILS_EXPORT:1)
ISSN: 00489697
27. FOROUTAN, R [et al]. Efficient arsenic(V) removal from contaminated water using natural clay and clay composite adsorbents. *Environmental Science and Pollution Research* [en línea]. 25 de Julio del 2019. [Fecha de consulta: 24 de mayo del 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11356-019-06070-5>
28. GALETOVIC, Alexandra y FERNICOLA, Nilda. Arsénico en el agua de bebida: un problema de salud pública. *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas* [en línea]. Diciembre del 2003. [Fecha de consulta: 10 de mayo del 2022]. Disponible en:

<https://doi.org/10.1590/S1516-93322003000400003>

29. GUBA, E.G. y LINCOLN, Y.S. 1994. Competencia de Paradigmas en la Investigación Cualitativa Cap. 6 pág. 105-117 páginas. [aut. libro] N.K. Denzin y Y.S. Lincoln. *Handbook of Qualitative Research*. California: Sage Publications, 1994.
30. HAKIZIMANA, Jean y NAJA, Jamal. Electrocoagulation process in water treatment: A review of electrocoagulation modeling approaches. *Desalination*. [en línea]. Febrero del 2017, vol. 404, p. 1-21. [Fecha de consulta: 7 de mayo del 2022]. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0011916416315971>
<https://doi.org/10.1016/j.desal.2016.10.011>
ISSN 0011-9164
31. HEIN, Morris y ARENA, Susan. Fundamentos de química [en línea]. 14.a ed. México: Cengage Learning, 2014 [fecha de consulta: 20 de junio de 2022]. Disponible en:
https://issuu.com/cengagelatam/docs/hein_issuu
ISBN 978-607-522-020-8
32. HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. 2014. *Metodología de la Investigación*. México: MacGraw Hill, 2014.
ISBN: 978-1-4562-2396-0.
33. HUA, Jinming. 2015. Synthesis and characterization of bentonite based inorgano–organo-composites and their performances inorgano–organo-composites and their performances. *Applied Clay Science*. [En línea] 07 de junio de 2015. [Citado el: 6 de mayo de 2022.]
<https://doi.org/10.1016/j.clay.2015.06.005>.
34. HUA, Jinming. 2018. Adsorption of low-concentration arsenic from water by co-modified bentonite with manganese oxides and

- poly(dimethyldiallylammoniumchloride). *Revista de ingeniería química ambiental* vol. 6. [En línea] febrero de 2018. [Citado el: 09 de mayo de 2022.] <https://doi.org/10.1016/j.jece.2017.11.062>.
35. IHEKWEME, Gina, et al. 2021. Expanded clay aggregates multi-functionality for water purification: Disinfection and adsorption studies. *Cogent Engineering* 8: 1883232. [En línea] 12 de febrero de 2021. [Citado el: 09 de mayo de 2022.] <https://doi: 10.1080/23311916.2021.1883232>.
36. IRIEL, Analia, et al. 2019. Arsenic Adsorption on Iron-Modified Montmorillonite: Kinetic Equilibrium and Surface Complexes. *ENVIRONMENTAL ENGINEERING SCIENCE* [en línea] 05 de Septiembre del 2019, vol. 37, n°1. [Fecha de consulta: 09 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1089/ees.2019.0220>
37. JO, Jung [et al]. Pelletized adsorbent of alum sludge and bentonite for removal of arsenic. *Environmental Pollution* [en línea] 18 de febrero de 2021, vol. 277. [Fecha de consulta: 10 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116747>
38. JAGIRANI, Munhammad [et al]. Risk assessment of heavy metals and salts for human and irrigation consumption of groundwater in Qambar city: a case study. *Geology, Ecology, and Landscapes* [en línea]. 2020, vol. 4. [Fecha de consulta: 2 de junio del 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/24749508.2019.1571670>
39. KHODADADI Darban, Ahmad, KIANINIA, Yaser y TAHERI-NASSAJ, Ehsan. 2013. Synthesis of nano- alumina powder from impure kaolin and its application for arsenite removal from aqueous solutions. *Khodadadi Darban et al. Journal of Environmental Health Sciences & Engineering* 2013, 11:19. [En línea] 2013. [Citado el: 05 de mayo de 2022.] <http://www.ijehse.com/content/11/1/19>.

40. LEGORRETA, F. [et al]. Purificación de arcillas de caolín mediante técnicas electroquímicas [en línea]. México: Area Académica de Ciencias de la Tierra y Materiales, Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Ciudad Universitaria, Carretera Pachuca-Tulancingo Km. 4.5, Mineral de la Reforma Hidalgo [Fecha de consulta: 22 de mayo del 2022]. Capítulo 26. Desarrollos Recientes en Metalurgia, Materiales y Medio Ambiente. Disponible en: ISBN: 978-607-9023-17-1
41. LIU, Guangzhi [et al]. Arsenic compounds: The wide application and mechanisms applied in acute promyelocytic leukemia and carcinogenic toxicology. *European Journal of Medicinal Chemistry* [en línea]. Octubre del 2021. [Fecha de consulta: 10 de Abril del 2022]. Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2021.113519>
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0223523421003688>
ISSN 0223-5234
42. MAJUMDER, Sourav y JHA, Ashok. Kr. Kinetic and adsorption study for removal of arsenic from aqueous medium by low cost bentonite of Rajmahal Hills and Hazaribagh, Jharkhand. *Nature Environment and Pollution Technology* [en línea]. Diciembre del 2020, vol. 19, p. 1847-1852. [Fecha de consulta: 12 de junio del 2022]. Disponible en:
https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85099252619&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=Kinetic+and+adsorption+study+for+removal+of+arsenic+from+aqueous+medium+by+low+cost+bentonite+of+Rajmahal+Hills+and+Hazaribagh%2c+Jharkhand&sid=57032ca71b7109d496ce97787bb4d3e5&sort=b&sort=TITLE-ABS-KEY%28Kinetic+and+adsorption+study+for+removal+of+arsenic+from+aqueous+medium+by+low+cost+bentonite+of+Rajmahal+Hills+and+Hazaribagh%2c+Jharkhand%29&relpos=0&citeCnt=1&searchTerm=&featureToggles=FEATURE_NEW_DOC_DETAILS_EXPORT:1
ISSN: 09726268

43. MAR, K.K., KARNAWAIT, D y PUTRA, D.P.E. Comparison of Arsenic Adsorption on Lignite, Bentonite, Shale, and Iron Sand from Indonesia. *Procedia Earth and Planetary Science* [en línea] 17 de diciembre de 2013. [Fecha de consulta: 5 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878522013000349>. 242 – 250.
44. MEICHTRY, Jorge [et al]. Remoción de Arsénico en agua mediante materiales de bajo costo y segura disposición final. *Proyecciones* [en línea] 01 de Julio del 2015, vol.13. [Fecha de consulta: 09 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/114271>
45. MEYER, Raber [et al]. In vitro toxicological characterisation of arsenic-containing fatty acids and three of their metabolites [en línea]. Septiembre del 2015, vol. 4, p. 1289-1296. [Fecha de consulta: 10 de Abril del 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1039/c5tx00122f>
46. MUKHOPADHYAY, Raj [et al]. Comparison of properties and aquatic arsenic removal potentials of organically modified smectite adsorbents. *Journal of Hazardous Materials* [en línea] 23 de mayo de 2019, vol. 377, p. 124-131. [Fecha de consulta: 05 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.05.053>
47. MUDZIELWANA, Rabelani [et al]. Enhanced As (III) and As(V) Adsorption From Aqueous Solution by a Clay Based Hybrid Sorbent. *Front Chem* [en línea]. 15 de Enero del 2020. [Fecha de consulta: 10 de junio del 2022]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6974457/>
48. MUDZIELWANA, Rabelani [et al]. Uptake of As (V) from groundwater using Fe-Mn oxides modified kaolin clay: Physicochemical characterization and adsorption data modeling. *Water (Switzerland)* [en línea]. 1 de junio del 2019,

vol. 11, n° 6. [Fecha de consulta: 10 de junio del 2022]. Disponible en:
<https://doi.org/10.3390/w11061245>

ISSN: 20734441

49. MARINO, Tiziana [et al]. PES-kaolin mixed matrix membranes for arsenic removal from wáter. *Membranes* [en línea]. Diciembre del 2017, vol. 7, n°4. [Fecha de consulta: 26 de abril del 2022]. Disponible en:
<https://doi.org/10.3390/membranes7040057>

ISSN: 20770375

50. MILJKOVIC, M.V. [et al]. Remediation of arsenic contaminated water by a novel carboxymethyl cellulose bentonite adsorbent. *Applied Ecology and Environmental Research* [en línea]. 2019, vol. 17, n° 1, p. 733 – 744. [Fecha de consulta: 26 de junio del 2022]. Disponible en:

https://doi.org/10.15666/aeer/1701_733744

ISSN: 15891623

51. MONDAL, Debapriya [et al]. High arsenic in rice is associated with elevated genotoxic effects in humans. *SCIENTIFIC REPORTS* [en línea]. 22 de Julio del 2013. [Fecha de consulta: 10 de abril del 2022]. Disponible en:
<https://doi.org/10.1038/srep02195>

52. MUKHOPADHYAY, Raj [et al]. 2017. Inorganically modified clay minerals: Preparation, characterization, and arsenic adsorption in contaminated water and soil. *Applied Clay Science* [en línea] 24 de julio del 2017. [Fecha de consulta: 08 de mayo de 2022]. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169131717303216>

53. NADER, Yaghi y HELINA, Hartikainen. Enhancement of Arsenite Sorption onto Oxide Coated Light Expanding Clay Aggregate by Means of Manganese Oxide. *APCBEE Procedia* [en línea] 21 de junio del 2013, p. 76-81. [Fecha de consulta: 09 de mayo de 2022]. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212670813000158>

54. NADER, Yaghi y HELINA, Hartikainen. Effect of oxide coatings, pH and competing anion on the sorption of arsenic species onto Light Expanded Clay Aggregates (LECA's). *Environmental Technology & Innovation* [en línea]. Febrero del 2018, vol. 9, p. 30–37. [Fecha de consulta: 12 de junio del 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.eti.2017.09.009>
ISSN 2352-1864
55. OZOLA, Ruta [et al]. FeOOH-modified clay sorbents for arsenic removal from aqueous solutions. *Environmental Technology & Innovation* [en línea] 15 de junio del 2016. [Fecha de consulta: 05 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.eti.2016.06.003>
56. PALACIO, Jorge [et al]. *Desde la otra cara de la moneda de la investigación educativa: métodos cualitativos y análisis documental en la práctica*. Bogotá Colombia: Instituto para la Investigación Educativa y el Desarrollo Pedagógico, 2017. 9789588780702.
57. PICASSO, Gino y SUN KOU, María del Rosario. Aplicaciones tecnológicas de las arcillas modificadas. *Rev. Soc. Quím. Perú* [en línea]. 2008, vol.74, n.1, p. 57-74. [Fecha de consulta: 05 de mayo de 2022]. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2008000100007&lng=es&nrm=iso.
ISSN 1810-634X.
58. PORTA, J., López-Acevedo, M. y Roquero, C. *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. 3.ª Edición. Ediciones Mundi-Prensa, 960 pp. Madrid, 2003.
ISBN: 8484761487
59. RABELANI, Mudzielwana, GITARI, Mugeru y PATRICK, Ndungu. 2019. Performance evaluation of surfactant modified kaolin clay in As(III) and As(V) adsorption from groundwater: adsorption kinetics, isotherms and

- thermodynamics. *Heliyon* [en línea] 28 de octubre del 2019, vol. 5, n°11. [Fecha de consulta: 05 de mayo de 2022]. Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02756>.
60. RADHESHYAM, Pawar [et al]. Efficient removal of hazardous lead, cadmium, and arsenic from aqueous environment by iron oxide modified clay-activated carbon composite beads. *Applied Clay Science*. [en línea] 28 de junio del 2018. [Fecha de consulta: 05 de mayo de 2022]. Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/j.clay.2018.06.014>
61. RAHIM, Muhammad y HARIS, Rosemal. Application of biopolymer composites in arsenic removal from aqueous medium: A review. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences* [en línea]. Abril del 2015, vol. 8, n°2, p. 255-263. [Fecha de consulta: 20 de mayo del 2022]. Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/j.jrras.2015.03.001>
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S168785071500031X?via%3Dihub>
ISSN 1687-8507
62. REZVANI, Parisa y MEHDI TAGHIZADEH, Mohammad. 2018. On using clay and nanoclay ceramic granules in reducing lead arsenic nitrate and turbidity from water. *Applied Water Science* [En línea] 6 de agosto del 2018. [Fecha de consulta: 07 de mayo de 2022]. Disponible en:
<https://doi.org/10.1007/s13201-018-0779-6>
63. RANGEL, Edelweiss [et al]. Impact of arsenic on the environment and its microbial transformation. *Terra Latinoamericana* [en línea]. Junio del 2015, vol. 33. [Fecha de consulta: 4 de mayo del 2022]. Disponible en:
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792015000200103#B2
ISSN 2395-8030 / 0187-5779

64. ROJAS, Xiomara y OSORIO, Belkis. 2017. Criterios de Calidad y Rigor en la Metodología Cualitativa. *Gaceta de Pedagogía* [en línea] 2017. [Fecha de consulta: 21 de mayo de 2022]. Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/337428163_Criterios_de_Calidad_y_Rigor_en_la_Metodologia_Cualitativa ISSN: 0435 - 026X.
65. YF, Rusmana [et al]. Arsenic removal in groundwater by integrated ozonation and adsorption by activated carbon and zeolite. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* [en línea]. 2019. [Fecha de consulta: 24 de abril del 2022]. Disponible en:
<https://doi.org/10.1088/1757-899X/536/1/012073>
66. SELVAN, B. Karpanai [et al]. Synthesis and characterization of nano zerovalent iron-kaolin clay (nZVI-Kaol) composite polyethersulfone (PES) membrane for the efficacious As₂O₃ removal from potable water samples. *Chemosphere* [en línea]. Febrero del 2022, vol. 288, n° 1. [Fecha de consulta: 19 de junio del 2022]. Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.132405> y
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653521028770>)
ISSN 0045-6535
67. SALEH, Shahin, MOHAMMADNEJAD, Sefideh y OTADY, Maryam. Photooxidation/adsorption of arsenic (III) in aqueous solution over bentonite/chitosan/TiO₂. *Chemosphere*. [en línea] 12 de abril de 2021. [Fecha de consulta: 04 de mayo de 2022]. Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.130583>
68. SHAJI, E. [et al]. Arsenic contamination of groundwater: A global synopsis with focus on the Indian Peninsula. *Geoscience Frontiers* [en línea] Mayo del 2021, vol. 12, n° 3. [Fecha de consulta: 09 de mayo de 2022]. Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/j.gsf.2020.08.015>
69. SHOKRI, E., [et al]. 2016. Preparation and characterization of polysulfone/organoclay adsorptive nanocomposite membrane for arsenic

removal from contaminated water. *Applied Clay Science Volumes* [en línea] Noviembre del 2016, vol. 132–133, p. 611-620. [Fecha de consulta: 09 de mayo de 2022]. Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.clay.2016.08.011>.

70. SHOKRI, E., Yegani, R y Akbarzadeh, A. 2017. Novel adsorptive mixed matrix membranes by embedding modified montmorillonite with arginine amino acid into polysulfones for As (V) removal. *Applied Clay Science* [en línea] 18 Mayo del 2017, vol. 144, p. 141-149. [Fecha de consulta: 10 de mayo de 2022]. Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.clay.2017.05.011>.

71. SHOKRI, E. [et al]. Evaluation of modified montmorillonite with di-cationic surfactants as efficient and environmentally friendly adsorbents for arsenic removal from contaminated water. *Water Science and Technology: Water Supply* [en línea]. Abril del 2018, vol. 18, n° 2, p. 460-472. [Fecha de consulta: 15 de junio del 2022]. Disponible en:

<https://doi.org/10.2166/ws.2017.077>

ISSN: 16069749

72. SREEDHAR, I. y REDDY, N. Saketharam. Heavy metal removal from industrial effluent using bio-sorbent blends. *Bronze Open Access* [en línea]. Setiembre del 2019, vol. 1. [Fecha de consulta: 3 de junio del 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s42452-019-1057-4>

73. TONG, Yunping, et al. Oxytetracycline induced the redox of iron and promoted the oxidation of As(III). *Science of The Total Environment* [en línea]. 8 de marzo de 2022, vol. 828, n°1. [Fecha de consulta: 20 de abril de 2022]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154381> (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969722014747>)

ISSN 0048-9697

74. THANH, Nguyen Chi [et al]. Improvement of aqueous solution coexisting with arsenite and arsenate using iron mixed porous clay pellets in batch and fixed-bed column studies. *Water Science and Technology: Water Supply* [en línea]. 1 de noviembre del 2019, vol. 19, n° 7, p. 1929 - 1937. [Fecha de consulta: 22 de junio del 2022]. Disponible en:
<https://doi.org/10.2166/ws.2019.069> ISSN: 16069749
75. TINGTING, Zhang [et al]. 2019. Removal of heavy metals and dyes by clay-based adsorbents: From natural clays to 1D and 2D nano-composites. *Chemical Engineering Journal*. [En línea] 15 de Septiembre del 2021, vol. 420, n°2. [Fecha de consulta: 5 de mayo del 2022]. Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/j.cej.2020.127574>
76. TRILOCHAN Mishra, Dipak Kumar Mahato, A comparative study on enhanced arsenic(V) and arsenic (III) removal by iron oxide and manganese oxide pillared clays from ground water, *Journal of Environmental Chemical Engineering*, Volume 4, Issue 1, 2016, Pages 1224-1230, <https://doi.org/10.1016/j.jece.2016.01.022>
ISSN 2213-3437
77. UPPAL, Jagdeesh S. [et al]. Arsenic in drinking water—recent examples and updates from Southeast Asia. *Current Opinion in Environmental Science & Health* [en línea]. Febrero del 2019, vol. 7, p. 126-135. [Fecha de consulta: 15 de Abril del 2022]. Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/j.coesh.2019.01.004>
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2468584418300655>
ISSN 2468-5844
78. WANG, Jinhui [et al.]. Effective immobilization of arsenic in waters and sediments using novel zirconium-loaded lanthanum-modified bentonite capping. *Journal of Environmental Chemical Engineering* [en línea]. Abril del 2022, vol. 10, n° 2. [Fecha de consulta: 11 de junio del 2022]. Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/j.jece.2022.107343>
ISSN: 22133437

79. WOJCIECHOWSKA, A. [et al] Effective processes of phenol degradation on Fe₃O₄-TiO₂ nanostructured magnetic photocatalyst. *Journal of Physics and Chemistry of Solids* [en línea]. Enero del 2020, vol. 136. [Fecha de consulta: 12 de mayo del 2022]. Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/j.jpics.2019.109178>
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022369719318414>
ISSN 0022-3697
80. WANG, Lei [et al]. Mechanistic insights into red mud, blast furnace slag, or metakaolin-assisted stabilization/solidification of arsenic-contaminated sediment. *Gold Open Access* [en línea]. Diciembre del 2019, vol. 133. [Fecha de consulta: 6 de junio del 2022]. Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105247>
ISSN: 01604120
81. XIAOHUI, Ren [et. al]. Adsorption of arsenic on modified montmorillonite. *Applied Clay Science Access* [en línea]. Agosto del 2014, vol. 97-98, p. 17-23. [Fecha de consulta: 5 de mayo del 2022]. Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/j.clay.2014.05.028>
82. YANG, Quancheng [et al]. Synthesis of Bi₂WO₆/Na-bentonite composites for photocatalytic oxidation of arsenic (III) under simulated sunlight. *Acceso Abierto Dorado* [en línea]. 2019, vol. 9, n° 51, p. 29689 - 29698. [Fecha de consulta: 26 de junio del 2022]. Disponible en:
https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85072664130&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=bentonite+arsenic&nlo=&nlr=&nls=&sid=2dd319de3b9da78ade7de6cd1b4a78b8&sot=b&sdt=cl&cluster=scofreetoread%2c%22all%22%2ct&sl=32&s=TITLE-ABS-KEY%28bentonite+arsenic%29&relpos=13&citeCnt=12&searchTerm=&featureToggles=FEATURE_NEW_DOC_DETAILS_EXPORT:1
ISSN: 20462069

83. YEE, Jurng [et al]. Treatment of contaminated groundwater via arsenate removal using chitosan-coated bentonite. *Gold Open Access* [en línea]. 2019, vol. 24, n° 13. [Fecha de consulta: 2 de junio del 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/molecules24132464>
ISSN: 14203049
84. XINGWEN, Yu [et al]. Ultrafast and deep removal of arsenic in high-concentration wastewater: A superior bulk adsorbent of porous Fe₂O₃ nanocubes-impregnated graphene aerogel. *Chemosphere* [en línea]. Mayo del 2019, vol. 222, p. 258-266. [Fecha de consulta: 10 de abril del 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653519301390>
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.01.130>
ISSN 0045-6535.
85. ZAMAN, Kh. Ashraf [et al]. Smectite-supported chain of iron nanoparticle beads for efficient clean-up of arsenate contaminated water. *Journal of Hazardous Materials* [en línea]. 5 de abril, vol. 407. [Fecha de consulta: 1 de julio del 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.124396>
ISSN: 0304-3894
86. ZHAO, Ziwang [et al]. Microbial mobilization of arsenic from iron-bearing clay mineral through iron, arsenate, and simultaneous iron-arsenate reduction pathways. *Science of the Total Environment* [en línea] 1 de Abril del 2021, vol. 763. [Fecha de consulta: 9 de mayo del 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144613>.

ANEXOS

Anexo 1: Instrumento de recolección de datos

	<p>FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------

<p>TÍTULO: Adsorption of low-concentration arsenic from water by co-modified bentonite with manganese oxides and poly (dimethyldiallylammonium chloride)</p>	
<p>AUTOR(ES): J. Hua</p>	<p>AÑO DE PUBLICACIÓN: 2018</p>
<p>PARTICIPANTE: Sciencedirect</p>	<p>PÁGINAS EMPLEADAS:</p>

<p>PALABRAS CLAVES:</p>	<p>Adsorción de arsénico, cinético, isoterma, bentonita co-modificada, óxido de manganeso, poli (cloruro de dimetildialilamonio)</p>
<p>MÉTODO DE PREPARACIÓN:</p>	<p>Síntesis de bentonita comodificada</p>
<p>PARÁMETROS DE REMOCIÓN:</p>	<p>Tiempo de contacto Dosis de adsorbente pH Temperatura</p>
<p>EFFECTOS DE LOS PARÁMETROS:</p>	<p>Incremento de remoción de As a temperatura: 25 a 45 °C Eliminación de As en los primeros 30 min Reducción del % de adsorción al pasar los 60 min</p>
<p>CONCLUSIÓN:</p>	<p>El trabajo demostró que el poli (cloruro de dimetildialilamonio) y los óxidos de manganeso, una nueva bentonita co-modificada, son un adsorbente eficiente para la adsorción de arsénico de baja concentración en el agua.</p>

Anexo 2: Instrumento de recolección de datos

	<p>FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------

<p>TÍTULO: Pelletized adsorbent of alum sludge and bentonite for removal of arsenic</p>	
<p>AUTOR(ES): Jo et al.</p>	<p>AÑO DE PUBLICACIÓN: 2021</p>
<p>PARTICIPANTE: Sciencedirect</p>	<p>PÁGINAS EMPLEADAS:</p>

<p>PALABRAS CLAVES:</p>	<p>Lodo de alumbre, arsénico, peletización, bentonita, aglutinante</p>
<p>MÉTODO DE PREPARACIÓN:</p>	<p>Peletización de lodo de alumbre con bentonita aglutinante inorgánica</p>
<p>PARÁMETROS DE REMOCIÓN:</p>	<p>Dosis del adsorbente Tiempo de contacto</p>
<p>EFFECTOS DE LOS PARÁMETROS:</p>	<p>Variación de temperatura</p>
<p>CONCLUSIÓN:</p>	<p>Los beneficios de los adsorbentes en polvo se ven superados por el adsorbente de gránulos mientras se mantiene un rendimiento de adsorción comparable.</p>

Anexo 3: Instrumento de recolección de datos

	<p>FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------

<p>TÍTULO: Comparison of Arsenic Adsorption on Lignite, Bentonite, Shale, and Iron Sand from Indonesia</p>	
<p>AUTOR(ES): Mar et al.</p>	<p>AÑO DE PUBLICACIÓN: 2013</p>
<p>PARTICIPANTE: Sciencedirect</p>	<p>PÁGINAS EMPLEADAS: 242-250</p>

<p>PALABRAS CLAVES:</p>	<p>Adsorción, arsenito, arseniato, Materiales geológicos naturales</p>
<p>MÉTODO DE PREPARACIÓN:</p>	<p>Segregación por tamaños de las arcillas para la comparación</p>
<p>PARÁMETROS DE REMOCIÓN:</p>	<p>Dosis del adsorbente pH Tiempo de contacto</p>
<p>EFFECTOS DE LOS PARÁMETROS:</p>	<p>pH: Redujo % de remoción</p>
<p>CONCLUSIÓN:</p>	<p>La cantidad de adsorción dependía del pH, y sin importar el adsorbente o las formas químicas del As, la mayor cantidad de adsorción se observó a un pH casi neutral.</p>

Anexo 4: Instrumento de recolección de datos

	<p>FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------

<p>TÍTULO: Removal of arsenate and antimonate by acid-treated Fe-rich clays</p>	
<p>AUTOR(ES): Dousova et al.</p>	<p>AÑO DE PUBLICACIÓN: 2018</p>
<p>PARTICIPANTE: Sciencedirect</p>	<p>PÁGINAS EMPLEADAS: 440-448</p>

<p>PALABRAS CLAVES:</p>	<p>Arcillas ricas en hierro, lixiviación ácida, adsorción, arsénico, antimonio</p>
<p>MÉTODO DE PREPARACIÓN:</p>	<p>Lixiviación ácida para transformación del Fe estructural con ácido inorgánico y orgánico</p>
<p>PARÁMETROS DE REMOCIÓN:</p>	<p>Dosis del adsorbente pH Temperatura Tiempo de contacto</p>
<p>EFFECTOS DE LOS PARÁMETROS:</p>	<p>pH: Redujo la tasa de remoción de arsénico.</p>
<p>CONCLUSIÓN:</p>	<p>La lixiviación ácida de arcillas ricas en Fe se puede utilizar para la preparación de adsorbentes aniones activos altamente selectivos.</p>

Anexo 5: Instrumento de recolección de datos

	<p>FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------

<p>TÍTULO: Efficient removal of hazardous lead, cadmium, and arsenic from aqueous environment by iron oxide modified clay-activated carbon composite beads</p>	
<p>AUTOR(ES): Pawar et al.</p>	<p>AÑO DE PUBLICACIÓN: 2018</p>
<p>PARTICIPANTE: Sciencedirect</p>	<p>PÁGINAS EMPLEADAS: 339-350</p>

<p>PALABRAS CLAVES:</p>	<p>Bentonita, perlas compuestas, difusión intraparticular, sorción, contaminantes tóxicos</p>
<p>MÉTODO DE PREPARACIÓN:</p>	<p>Encapsulación de la arcilla modificada en perlas mediante alginato de sodio biopolímero</p>
<p>PARÁMETROS DE REMOCIÓN:</p>	<p>Dosis del adsorbente Temperatura Tiempo de contacto pH</p>
<p>EFFECTOS DE LOS PARÁMETROS:</p>	<p>pH: Incremento en el % de remoción de arsénico en un medio ácido y reducción % de remoción a valores >5 pH.</p>
<p>CONCLUSIÓN:</p>	<p>Los contaminantes tóxicos (As(V)) se eliminaron de manera efectiva de las soluciones acuosas utilizando perlas compuestas de carbón activado con arcilla modificada con óxido de hierro.</p>

Anexo 6: Instrumento de recolección de datos

	<p>FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------

<p>TÍTULO: Bentonite-composite polyvinyl alcohol/alginate hydrogel beads: Preparation, characterization and their use as arsenic removal devices</p>	
<p>AUTOR(ES): Baigorria et al.</p>	<p>AÑO DE PUBLICACIÓN: 2020</p>
<p>PARTICIPANTE: Sciencedirect</p>	<p>PÁGINAS EMPLEADAS: 1-8</p>

<p>PALABRAS CLAVES:</p>	<p>Bentonita, alcohol de polivinilo, alginato de sodio, hidrogel, arsénico, remediación ambiental</p>
<p>MÉTODO DE PREPARACIÓN:</p>	<p>Desarrollo y caracterización de perlas de hidrogel mediante gelificación iónica</p>
<p>PARÁMETROS DE REMOCIÓN:</p>	<p>Dosis del adsorbente Tiempo de contacto</p>
<p>EFFECTOS DE LOS PARÁMETROS:</p>	<p>Los intervalos de tiempos de tratamiento más largos revelaron que ambas formulaciones que incluían Bent eliminaban completamente el As.</p>
<p>CONCLUSIÓN:</p>	<p>El estudio mostró que la inclusión de arcilla es importante en el rendimiento de eliminación de As de las perlas.</p>

Anexo 7: Instrumento de recolección de datos

	<p>FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------

<p>TÍTULO: Inorganically modified clay minerals: Preparation, characterization, and arsenic adsorption in contaminated water and soil</p>	
<p>AUTOR(ES): Mukhopadhyay et al.</p>	<p>AÑO DE PUBLICACIÓN: 2017</p>
<p>PARTICIPANTE: Sciencedirect</p>	<p>PÁGINAS EMPLEADAS: 1-10</p>

<p>PALABRAS CLAVES:</p>	<p>Arsénico, modificación inorgánica, esmectita, caolinita, isoterma de Freundlich, adsorción</p>
<p>MÉTODO DE PREPARACIÓN:</p>	<p>El pilar de Ti de esmectita de Na siguió el procedimiento de hidrólisis de $TiCl_4$ en reacción con HCl. Modificación inorgánica de las arcillas de esmectita con una solución de $FeSO_4$ para el intercambio</p>
<p>PARÁMETROS DE REMOCIÓN:</p>	<p>Dosis del adsorbente pH Tiempo de contacto</p>
<p>EFFECTOS DE LOS PARÁMETROS:</p>	<p>Tiempo de contacto: Mostró una remoción de arsénico rápida en los primeros 20 min.</p>
<p>CONCLUSIÓN:</p>	<p>Los productos de esmectita (con intercambio de Fe y pilares de Ti) fueron más efectivos en la adsorción de As que la caolinita unida a fosfato.</p>

Anexo 8: Instrumento de recolección de datos

	<p>FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------

<p>TÍTULO: Performance evaluation of surfactant modified kaolin clay in As(III) and As(V) adsorption from groundwater: adsorption kinetics, isotherms and thermodynamics</p>	
<p>AUTOR(ES): Mudzielwana et al.</p>	<p>AÑO DE PUBLICACIÓN: 2019</p>
<p>PARTICIPANTE: Sciencedirect</p>	<p>PÁGINAS EMPLEADAS: 1-13</p>

<p>PALABRAS CLAVES:</p>	<p>Fisicoquímica, termodinámica, surfactante, isothermas, adsorción, cinética, mineral de arcilla de caolín</p>
<p>MÉTODO DE PREPARACIÓN:</p>	<p>Síntesis de arcilla modificada con surfactante catiónico</p>
<p>PARÁMETROS DE REMOCIÓN:</p>	<p>Dosis del adsorbente pH Tiempo de contacto</p>
<p>EFFECTOS DE LOS PARÁMETROS:</p>	<p>pH: Mostró un bajo rendimiento de remoción de arsénico con los valores de (>8 pH y < 4 pH). Temperatura: Mostró proceso de remoción de naturaleza exotérmica.</p>
<p>CONCLUSIÓN:</p>	<p>La SMK producida en este trabajo puede utilizarse hasta en cinco ciclos de adsorción-desorción. Los hallazgos de este estudio indican que el SMK es un adsorbente viable para la eliminación de arsénico de las aguas subterráneas.</p>

Anexo 9: Instrumento de recolección de datos

	<p>FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------

<p>TÍTULO: Adsorption of arsenic on modified montmorillonite</p>	
<p>AUTOR(ES): Ren et al.</p>	<p>AÑO DE PUBLICACIÓN: 2014</p>
<p>PARTICIPANTE: Sciencedirect</p>	<p>PÁGINAS EMPLEADAS: 17–23</p>

<p>PALABRAS CLAVES:</p>	<p>Arsénico, montmorillonita modificada, adsorción, caracterización</p>
<p>MÉTODO DE PREPARACIÓN:</p>	<p>Síntesis de montmorillonita modificada</p>
<p>PARÁMETROS DE REMOCIÓN:</p>	<p>Dosis del adsorbente pH Tiempo de contacto</p>
<p>EFFECTOS DE LOS PARÁMETROS:</p>	<p>Mejóro el % de remoción de As(III) y As(V), al aumentar la dosis.</p>
<p>CONCLUSIÓN:</p>	<p>Todos los experimentos demostraron que la montmorillonita modificada tiene una gran afinidad por el As(V) y el As (III). La adsorción superficial y la adhesión electrostática fueron los principales procesos de sorción.</p>

Anexo 10: Instrumento de recolección de datos

	<p>FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------

<p>TÍTULO: Photooxidation/adsorption of arsenic (III) in aqueous solution over bentonite/ chitosan/ TiO₂ heterostructured catalyst</p>	
<p>AUTOR(ES): Saleh et al.</p>	<p>AÑO DE PUBLICACIÓN: 2015</p>
<p>PARTICIPANTE: Sciencedirect</p>	<p>PÁGINAS EMPLEADAS: 1-8</p>

<p>PALABRAS CLAVES:</p>	<p>Arsénico, adsorción, bentonita/quitosano/titania, radicales OH, fotooxidación</p>
<p>MÉTODO DE PREPARACIÓN:</p>	<p>Modificación por exfoliación química e intercalada con quitosano y óxido de titanio</p>
<p>PARÁMETROS DE REMOCIÓN:</p>	<p>Dosis del adsorbente pH Tiempo de contacto</p>
<p>EFFECTOS DE LOS PARÁMETROS:</p>	<p>Mejóro la eficiencia de fotooxidación y adsorción de arsénico al aumentar la temperatura.</p>
<p>CONCLUSIÓN:</p>	<p>Debido a sus acciones duales únicas de fotooxidación/adsorción sobre este peligroso contaminante, la impregnación de TiO₂ en BT/CS-TiO₂ es una opción viable para la eliminación operativa de arsénico.</p>

Anexo 11: Instrumento de recolección de datos

	<p>FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------

<p>TÍTULO: Microbial mobilization of arsenic from iron-bearing clay mineral through iron, arsenate, and simultaneous iron-arsenate reduction pathways</p>	
<p>AUTOR(ES): Zao et al.</p>	<p>AÑO DE PUBLICACIÓN: 2021</p>
<p>PARTICIPANTE: Sciencedirect</p>	<p>PÁGINAS EMPLEADAS: 1-8</p>

<p>PALABRAS CLAVES:</p>	<p>Movilización de arsénico, nontronita NAu-2, Fe tetraédrico (III), Fe octaédrico (III), vía de biorreducción</p>
<p>MÉTODO DE PREPARACIÓN:</p>	<p>Biorreducción de Fe (III)-arcilla, biorreducción de As(V) y biorreducción simultánea de Fe (III)-arcilla y As(V)</p>
<p>PARÁMETROS DE REMOCIÓN:</p>	<p>Dosis del adsorbente pH Temperatura Tiempo de contacto</p>
<p>EFFECTOS DE LOS PARÁMETROS:</p>	<p>Variación en el % de remoción, debido a las concentraciones de pH.</p>
<p>CONCLUSIÓN:</p>	<p>En este trabajo se demostró que la biorreducción de Fe(III) estructural en arcillas de Fe puede resultar en una liberación considerable de arsénico a través de vías de repulsión electrostática y deshidroxilación en lugar de disolución reductora microbiana de arcillas de Fe.</p>

Anexo 12: Instrumento de recolección de datos

	<p>FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------

<p>TÍTULO: Adsorptive properties of Moroccan clays for the removal of arsenic(V) from aqueous solution</p>	
<p>AUTOR(ES): Bentahar et al.</p>	<p>AÑO DE PUBLICACIÓN: 2016</p>
<p>PARTICIPANTE: Sciencedirect</p>	<p>PÁGINAS EMPLEADAS: 385-392</p>

<p>PALABRAS CLAVES:</p>	<p>Arsénico, arcillas marroquíes, adsorción, cinética, isoterma</p>
<p>MÉTODO DE PREPARACIÓN:</p>	<p>Caracterización de sólidos</p>
<p>PARÁMETROS DE REMOCIÓN:</p>	<p>Dosis del adsorbente pH Temperatura Tiempo de contacto</p>
<p>EFFECTOS DE LOS PARÁMETROS:</p>	<p>pH: Redujo el % de eliminación de arsénico al llegar a valores >8 pH. Tiempo de contacto: Mostró un proceso de remoción lento de 24 hrs a 240 hrs.</p>
<p>CONCLUSIÓN:</p>	<p>The presence of iron oxide might influence arsenic adsorption on clays. R-clay has a high adsorption capability, according to this study. As a result, it is a possible adsorbent option for arsenic removal from polluted water.</p>

Anexo 13: Instrumento de recolección de datos

	<p>FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------

<p>TÍTULO: Preparation and characterization of polysulfone/organoclay adsorptive nanocomposite membrane for arsenic removal from contaminated water</p>	
<p>AUTOR(ES): Shokri et al.</p>	<p>AÑO DE PUBLICACIÓN: 2016</p>
<p>PARTICIPANTE: Sciencedirect</p>	<p>PÁGINAS EMPLEADAS: 611-620</p>

<p>PALABRAS CLAVES:</p>	<p>Organoarcilla, membrana nano compuesta, arseniato, eliminación de adsorbente, agua contaminada</p>
<p>MÉTODO DE PREPARACIÓN:</p>	<p>Método de separación de fases inducida sin disolvente (NIPS)</p>
<p>PARÁMETROS DE REMOCIÓN:</p>	<p>Dosis del adsorbente Tiempo de contacto pH</p>
<p>EFFECTOS DE LOS PARÁMETROS:</p>	<p>Tiempo de contacto: Reduce el % de remoción, al exceder 12 horas de tiempo de contacto. pH: Reduce la eficiencia de eliminación del As(V) al aumentar el ph de 2 a 9.</p>
<p>CONCLUSIÓN:</p>	<p>Las membranas preparadas mostraron una buena reutilización durante numerosos ciclos, así como una aplicación productiva en la eliminación de arsénico de muestras genuinas de agua superficial.</p>

Anexo 14: Instrumento de recolección de datos

	<p>FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------

<p>TÍTULO: Role of modification of natural zeolite in removal of arsenic from aqueous solutions</p>	
<p>AUTOR(ES): Ates, Özkan, y Canbaz</p>	<p>AÑO DE PUBLICACIÓN: 2018</p>
<p>PARTICIPANTE: Scopus</p>	<p>PÁGINAS EMPLEADAS: 586-598</p>

<p>PALABRAS CLAVES:</p>	<p>Adsorción, arsénico, decationización, intercambio iónico, zeolita natural</p>
<p>MÉTODO DE PREPARACIÓN:</p>	<p>Modificación por intercambio iónico y adición de aluminio</p>
<p>PARÁMETROS DE REMOCIÓN:</p>	<p>Dosis del adsorbente pH Temperatura</p>
<p>EFFECTOS DE LOS PARÁMETROS:</p>	<p>pH: Mostró incremento de eliminación de arsénico con los valores de 1.5 a 5 pH. Temperatura: Mejó la adsorción al aumento de temperatura, indicando su naturaleza endotérmica.</p>
<p>CONCLUSIÓN:</p>	<p>De acuerdo con las características termodinámicas calculadas, el proceso de adsorción fue espontáneo y beneficioso.</p>

Anexo 15: Instrumento de recolección de datos

	<p>FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------

<p>TÍTULO: Novel adsorptive mixed matrix membranes by embedding modified montmorillonite with arginine amino acid into polysulfones for As(V) removal</p>	
<p>AUTOR(ES): Shokri, Yegani y Akbarzadeh</p>	<p>AÑO DE PUBLICACIÓN: 2017</p>
<p>PARTICIPANTE: Sciencedirect</p>	<p>PÁGINAS EMPLEADAS: 141-149</p>

<p>PALABRAS CLAVES:</p>	<p>Membrana de matriz mixta, eliminación de adsorción, arsénico, montmorillonita modificada, aminoácido arginina</p>
<p>MÉTODO DE PREPARACIÓN:</p>	<p>Síntesis y caracterización de arcilla por intercambio de cationes para la preparación de membranas</p>
<p>PARÁMETROS DE REMOCIÓN:</p>	<p>Dosis del adsorbente pH</p>
<p>EFFECTOS DE LOS PARÁMETROS:</p>	<p>pH: Incrementó el % de remoción de arsénico con un pH <7.</p>
<p>CONCLUSIÓN:</p>	<p>Pudimos demostrar de manera efectiva que una membrana NF de alto costo se puede sustituir por una membrana MF/UF de bajo costo incrustada con minerales modificados activos.</p>

Anexo 16: Instrumento de recolección de datos

	<p>FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------

<p>TÍTULO: FeOOH-modified clay sorbents for arsenic removal from aqueous solutions</p>	
<p>AUTOR(ES): Ozola et al.</p>	<p>AÑO DE PUBLICACIÓN: 2019</p>
<p>PARTICIPANTE: Sciencedirect</p>	<p>PÁGINAS EMPLEADAS: 364-372</p>

<p>PALABRAS CLAVES:</p>	<p>Arcilla modificada, adsorbentes, As(v), contaminación ambiental, tratamiento de aguas</p>
<p>MÉTODO DE PREPARACIÓN:</p>	<p>Modificación con oxihidróxido de hierro</p>
<p>PARÁMETROS DE REMOCIÓN:</p>	<p>Dosis del adsorbente pH Temperatura Tiempo de contacto</p>
<p>EFFECTOS DE LOS PARÁMETROS:</p>	<p>-</p>
<p>CONCLUSIÓN:</p>	<p>La eficiencia de adsorción de la arcilla modificada con Fe depende en gran medida del tipo de arcilla y la concentración de hierro.</p>

Anexo 17: Instrumento de recolección de datos

	<p>FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------

<p>TÍTULO: Smectite-supported chain of iron nanoparticle beads for efficient clean-up of arsenate contaminated water</p>	
<p>AUTOR(ES): Zaman et al.</p>	<p>AÑO DE PUBLICACIÓN: 2021</p>
<p>PARTICIPANTE: Sciencedirect</p>	<p>PÁGINAS EMPLEADAS: 1-12</p>

<p>PALABRAS CLAVES:</p>	<p>Esmectita, nano hierro cerovalente, eliminación de arseniato, mecanismo de sorción</p>
<p>MÉTODO DE PREPARACIÓN:</p>	<p>Síntesis de compuesto de nano hierro de valencia cero (nZVI) soportado por esmectita llamada superficies de arcilla de saponita (smec-nZVI)</p>
<p>PARÁMETROS DE REMOCIÓN:</p>	<p>Dosis del adsorbente pH</p>
<p>EFFECTOS DE LOS PARÁMETROS:</p>	<p>pH: Incrementó la eficiencia de sorción con la reducción del pH <7.</p>
<p>CONCLUSIÓN:</p>	<p>Estos hallazgos sugieren que el compuesto de esmectita-nZVI sintetizado es un material potencial para la eliminación de As(V) de la solución acuosa.</p>

Anexo 18: Instrumento de recolección de datos

	<p>FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------

<p>TÍTULO: High performance hydroxyiron modified montmorillonite nanoclay adsorbent for arsenite removal</p>	
<p>AUTOR(ES): Almasri et al.</p>	<p>AÑO DE PUBLICACIÓN: 2018</p>
<p>PARTICIPANTE: Sciencedirect</p>	<p>PÁGINAS EMPLEADAS: 1-12</p>

<p>PALABRAS CLAVES:</p>	<p>Montmorillonita, hidroxí hierro, nanoarcilla, arsénico, adsorción, tratamiento de aguas</p>
<p>MÉTODO DE PREPARACIÓN:</p>	<p>Caracterización y modificación de arcilla con varias cargas de hierro por método simple de síntesis química húmeda</p>
<p>PARÁMETROS DE REMOCIÓN:</p>	<p>Dosis del adsorbente pH Tiempo de contacto</p>
<p>EFFECTOS DE LOS PARÁMETROS:</p>	<p>Tiempo de contacto: Incrementó el % de eliminación de As(III) al aumentar el tiempo de contacto. pH: Incrementa la adsorción de As(III) al aumentar el pH hasta 9.</p>
<p>CONCLUSIÓN:</p>	<p>En general, el material HyFe-MMT parece ser un adsorbente prometedor para la eliminación de As (III) en aguas contaminadas, como aguas subterráneas, agua potable o aguas residuales.</p>

Anexo 19: Instrumento de recolección de datos

	<p>FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------

<p>TÍTULO: Synthesis and characterization of nano zerovalent iron-kaolin clay (nZVI-Kaol) composite polyethersulfone (PES) membrane for the efficacious As₂O₃ removal from potable water samples</p>	
<p>AUTOR(ES): Selvan et al.</p>	<p>AÑO DE PUBLICACIÓN: 2022</p>
<p>PARTICIPANTE: Sciencedirect</p>	<p>PÁGINAS EMPLEADAS: 1-8</p>

<p>PALABRAS CLAVES:</p>	<p>Nanopartícula ferrosa, membrana, compuesto, arsénico, ICP-OES</p>
<p>MÉTODO DE PREPARACIÓN:</p>	<p>Método de reducción de borohidruro con enfoque de inversión de fase para fabricar membranas de nanocompuestos</p>
<p>PARÁMETROS DE REMOCIÓN:</p>	<p>Análisis XRD, FTIR, FESEM y EDAX de membrana Ángulo de contacto de la membrana</p>
<p>EFFECTOS DE LOS PARÁMETROS:</p>	<p>Mostró una eliminación de más del 50%.</p>
<p>CONCLUSIÓN:</p>	<p>Se demostró un compuesto de membrana de alta relevancia para la eliminación de arsénico mediante el nanocompuesto nZVI-Kaol PES.</p>

Anexo 20: Instrumento de recolección de datos

	<p>FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------

<p>TÍTULO: Promotion mechanism of natural clay colloids in the adsorption of arsenite on iron oxide particles in water</p>	
<p>AUTOR(ES): Dengke et al.</p>	<p>AÑO DE PUBLICACIÓN: 2020</p>
<p>PARTICIPANTE: Sciencedirect</p>	<p>PÁGINAS EMPLEADAS: 1-10</p>

<p>PALABRAS CLAVES:</p>	<p>Rendimiento de adsorción, arsenito (AsIII), arcilla atapulgita (ATP), mecanismo de promoción, óxido de hierro</p>
<p>MÉTODO DE PREPARACIÓN:</p>	<p>Sistema de Fe/ATP y caracterización. Método de coprecipitación ultrasónica</p>
<p>PARÁMETROS DE REMOCIÓN:</p>	<p>Dosis del adsorbente Temperatura</p>
<p>EFFECTOS DE LOS PARÁMETROS:</p>	<p>Temperatura: Mostró un proceso de adsorción de tipo endotérmica.</p>
<p>CONCLUSIÓN:</p>	<p>La adición de ATP aumentó la actividad superficial y la disponibilidad de Fe₂O₃ a As (III), lo cual es importante para comprender el destino y el tránsito de As (III) en el sistema de agua coexistente de arcilla y partículas de óxido de hierro.</p>

Anexo 21: Instrumento de recolección de datos

	<p>FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------

<p>TÍTULO: Enhancement of Arsenite Sorption onto Oxide Coated Light Expanding Clay Aggregate by Means of Manganese Oxide</p>	
<p>AUTOR(ES): Nader y Helinä</p>	<p>AÑO DE PUBLICACIÓN: 2013</p>
<p>PARTICIPANTE: Sciencedirect</p>	<p>PÁGINAS EMPLEADAS: 76-81</p>

<p>PALABRAS CLAVES:</p>	<p>Arsenito, arseniato, sorción, óxido de aluminio, óxido de hierro, óxido de manganeso, agregado ligero de arcilla expansiva</p>
<p>MÉTODO DE PREPARACIÓN:</p>	<p>Método adoptado de recubrimiento de arcilla con óxidos</p>
<p>PARÁMETROS DE REMOCIÓN:</p>	<p>Dosis de adsorbente</p>
<p>EFFECTOS DE LOS PARÁMETROS:</p>	<p>incrementó la cantidad eliminada de As(III), al aumentar la dosis.</p>
<p>CONCLUSIÓN:</p>	<p>La eliminación de AsIII de las aguas subterráneas mediante LECA recubierta de óxido se puede impulsar convirtiendo As(III) en AsV utilizando un agente oxidante adecuado.</p>

Anexo 22: Instrumento de recolección de datos

	<p>FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------

<p>TÍTULO: Oxytetracycline induced the redox of iron and promoted the oxidation of As(III)</p>	
<p>AUTOR(ES): Tong et al.</p>	<p>AÑO DE PUBLICACIÓN: 2022</p>
<p>PARTICIPANTE: Sciencedirect</p>	<p>PÁGINAS EMPLEADAS: 1-8</p>

<p>PALABRAS CLAVES:</p>	<p>Antibióticos, reacciones tipo fenton, radical hidroxilo, conversión As (III)/As(V)</p>
<p>MÉTODO DE PREPARACIÓN:</p>	<p>Suspensión de partículas en agua ultrapura, recolección y recolección de partículas más pequeñas, resuspensión para eliminación del carbonato y repetición hasta lograr la saturación. Finalmente, las partículas recolectadas fueron liofilizadas, molidas y almacenadas. Arcilla modificada con goethita sintetizada (α-FeOOH)</p>
<p>PARÁMETROS DE REMOCIÓN:</p>	<p>Dosis del adsorbente Tiempo de contacto</p>
<p>EFFECTOS DE LOS PARÁMETROS:</p>	<p>Tiempo de contacto: Remoción de arsénico en 90 min (punto de equilibrio).</p>
<p>CONCLUSIÓN:</p>	<p>Se mostró una influencia inadvertida de los antibióticos tetraciclinas residuales en la transformación del As(III) coexistente en aguas y suelos naturales, lo que podría reducir significativamente la toxicidad del As(III) en el medio ambiente.</p>

Anexo 23: Instrumento de recolección de datos

	<p>FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------

<p>TÍTULO: Synthesis and characterization of bentonite based inorgano–organo-composites and their performances for removing arsenic from water</p>	
<p>AUTOR(ES): Jinming et al.</p>	<p>AÑO DE PUBLICACIÓN: 2015</p>
<p>PARTICIPANTE: Sciencedirect</p>	<p>PÁGINAS EMPLEADAS: 239-246</p>

<p>PALABRAS CLAVES:</p>	<p>Modificación compleja, inorgano-organo-bentonita, eliminación de arsénico, caracterización</p>
<p>MÉTODO DE PREPARACIÓN:</p>	<p>Caracterización y modificación por (hidr)óxidos metálicos, tensioactivos catiónicos y complejo de (hidr)óxido metálico-tensioactivo</p>
<p>PARÁMETROS DE REMOCIÓN:</p>	<p>Dosis del adsorbente pH Tiempo de contacto</p>
<p>EFFECTOS DE LOS PARÁMETROS:</p>	<p>Dosis del adsorbente: incrementó la capacidad adsorción, la estructura porosa del adsorbente.</p>
<p>CONCLUSIÓN:</p>	<p>La capacidad de adsorción de la bentonita modificada fue determinada por factores distintos al área superficial específica (SSA), como los componentes compuestos y/o sus características superficiales únicas.</p>

Anexo 24: Instrumento de recolección de datos

	<p>FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------

<p>TÍTULO: Expanded clay aggregates multi-functionality for water purification: Disinfection and adsorption studies</p>	
<p>AUTOR(ES): Ihekwe me et al.</p>	<p>AÑO DE PUBLICACIÓN: 2021</p>
<p>PARTICIPANTE: Scopus</p>	<p>PÁGINAS EMPLEADAS: 1-19</p>

<p>PALABRAS CLAVES:</p>	<p>Estudios de adsorción, bacterias E. Coli, agregados de arcilla expandida, metales pesados, modelos de isothermas, purificación del agua</p>
<p>MÉTODO DE PREPARACIÓN:</p>	<p>Caracterización y modificación por peletización</p>
<p>PARÁMETROS DE REMOCIÓN:</p>	<p>Dosis del adsorbente pH</p>
<p>EFFECTOS DE LOS PARÁMETROS:</p>	<p>Mostró que a valores bajos de pH (2 a 8), reduce el % de remoción de arsénico.</p>
<p>CONCLUSIÓN:</p>	<p>Debido a su gran relación área superficial/volumen, alto volumen de poros y más sitios reactivos, requieren una alta tasa de eliminación de la bacteria E. Coli, así como un alto contenido de fosfato (27,33 por ciento a 76 por ciento) y eliminación de nitrato (10,67 por ciento a 46 por ciento) en comparación con los resultados de estudios anteriores. Los experimentos de adsorción estuvieron claramente influenciados por parámetros experimentales como el pH, la dosis de adsorbente y la duración del contacto.</p>

Anexo 25: Instrumento de recolección de datos

	<p>FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------

<p>TÍTULO: Study of the effect of the LDH cations precursors in the removal of arsenic in aqueous solution</p>	
<p>AUTOR(ES): Quiroga, Junca y Merino</p>	<p>AÑO DE PUBLICACIÓN: 2021</p>
<p>PARTICIPANTE: Scopus</p>	<p>PÁGINAS EMPLEADAS: 2518-2525</p>

<p>PALABRAS CLAVES:</p>	<p>As(III), As(V), LDH, MgAl, MgFe</p>
<p>MÉTODO DE PREPARACIÓN:</p>	<p>Síntesis de arcillas aniónicas por el método de coprecipitación</p>
<p>PARÁMETROS DE REMOCIÓN:</p>	<p>Dosis del adsorbente pH</p>
<p>EFFECTOS DE LOS PARÁMETROS:</p>	<p>Mostró una eficiente eliminación de arseniato en un medio alcalino (6 a 8 pH).</p>
<p>CONCLUSIÓN:</p>	<p>Debido a que los óxidos de hierro tienen una alta afinidad por el arsénico, la presencia de Fe en la composición de LDH aumenta la capacidad de adsorción hacia los iones de arsénico.</p>

Anexo 26: Instrumento de recolección de datos

	<p>FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------

<p>TÍTULO: Effective immobilization of arsenic in waters and sediments using novel zirconium-loaded lanthanum-modified bentonite capping</p>	
<p>AUTOR(ES): Wang et al.</p>	<p>AÑO DE PUBLICACIÓN: 2022</p>
<p>PARTICIPANTE: Scopus</p>	<p>PÁGINAS EMPLEADAS: 1-12</p>

<p>PALABRAS CLAVES:</p>	<p>Arsénico, inmovilización, bentonita modificada con lantano (LMB), sedimento, circonio</p>
<p>MÉTODO DE PREPARACIÓN:</p>	<p>Técnica de gradientes difusivos en películas delgadas</p>
<p>PARÁMETROS DE REMOCIÓN:</p>	<p>Dosis del adsorbente, tiempo de contacto y pH.</p>
<p>EFFECTOS DE LOS PARÁMETROS:</p>	<p>Incrementó el rendimiento de adsorción (90 %), al aumentar el pH. Mostró una rápida adsorción de arsenito en los primeros 5 min, con 7.82 µg/g.min. Sin embargo, reduce después de 30 min.</p>
<p>CONCLUSIÓN:</p>	<p>Los hallazgos muestran que el nuevo Zr-LMB es un adsorbente viable para la inmovilización de As en fluidos y sedimentos.</p>

Anexo 27: Instrumento de recolección de datos

	<p>FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------

<p>TÍTULO: The effect of porewater ionic composition on arsenate adsorption to clay minerals</p>	
<p>AUTOR(ES): Fakhreddine y Fendorf</p>	<p>AÑO DE PUBLICACIÓN: 2021</p>
<p>PARTICIPANTE: Scopus</p>	<p>PÁGINAS EMPLEADAS:</p>

<p>PALABRAS CLAVES:</p>	<p>Adsorción de arsénico, puente catiónico, minerales arcillosos, calidad del agua subterránea, modelado de complejación de superficies</p>
<p>MÉTODO DE PREPARACIÓN:</p>	<p>Modelado de complejación de superficies</p>
<p>PARÁMETROS DE REMOCIÓN:</p>	<p>Dosis del adsorbente, tiempo de contacto, pH y temperatura.</p>
<p>EFFECTOS DE LOS PARÁMETROS:</p>	<p>Redujo el % de remoción de arsénico cuando los valores sobrepasan >7 pH..</p>
<p>CONCLUSIÓN:</p>	<p>La mineralogía de la arcilla del suelo y del sedimento se puede combinar con la composición iónica del agua intersticial (especialmente la fracción de cationes divalentes) para caracterizar el transporte de arsénico, particularmente en ambientes deficientes en óxido de hierro o aluminio.</p>

Anexo 28: Instrumento de recolección de datos

	<p>FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------

<p>TÍTULO: Mechanistic insights into red mud, blast furnace slag, or metakaolin-assisted stabilization/solidification of arsenic-contaminated sediment</p>	
<p>AUTOR(ES): Wang et al.</p>	<p>AÑO DE PUBLICACIÓN: 2019</p>
<p>PARTICIPANTE: Scopus</p>	<p>PÁGINAS EMPLEADAS: 1-10</p>

<p>PALABRAS CLAVES:</p>	<p>Lixiviación de arsénico, remediación verde/sostenible, hidratación y polimerización, elemento potencialmente tóxico, química de la precipitación, valorización/reciclado de residuos</p>
<p>MÉTODO DE PREPARACIÓN:</p>	<p>Preparación de aglutinantes premezclados</p>
<p>PARÁMETROS DE REMOCIÓN:</p>	<p>Temperatura</p>
<p>EFFECTOS DE LOS PARÁMETROS:</p>	<p>El incremento de la dosis modificada con Fe, mostró compatibilidad con el As.</p>
<p>CONCLUSIÓN:</p>	<p>Estos hallazgos contribuyen al conocimiento mecánico de la creación de estrategias de remediación ecológicas y sostenibles para la inmovilización exitosa de As.</p>

Anexo 29: Instrumento de recolección de datos

	<p>FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------

<p>TÍTULO: Uptake of As(V) from groundwater using Fe-Mn oxides modified kaolin clay: Physicochemical characterization and adsorption data modeling</p>	
<p>AUTOR(ES): Mudzielwana, Gitari y Ndungu</p>	<p>AÑO DE PUBLICACIÓN: 2019</p>
<p>PARTICIPANTE: Scopus</p>	<p>PÁGINAS EMPLEADAS: 1-13</p>

<p>PALABRAS CLAVES:</p>	<p>Adsorción, arsénico, isothermas, cinética, termodinámica y regeneración</p>
<p>MÉTODO DE PREPARACIÓN:</p>	<p>Síntesis de arcilla de caolín por intercalación de óxidos binarios de Fe³⁺ y Mn²⁺ en capas intermedias</p>
<p>PARÁMETROS DE REMOCIÓN:</p>	<p>pH, cinética, isoterma y termodinámica</p>
<p>EFFECTOS DE LOS PARÁMETROS:</p>	<p>Redujo el porcentaje de eliminación de As(V), con el aumento de pH >7.</p>
<p>CONCLUSIÓN:</p>	<p>Las muestras de MK-As tuvieron la eficiencia de inmovilización de As más baja, mientras que las muestras de RM-As tuvieron la mejor eficiencia para el tratamiento S/S de sedimentos in situ y ex situ.</p>

Anexo 30: Instrumento de recolección de datos

	<p>FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------

<p>TÍTULO: PES-kaolin mixed matrix membranes for arsenic removal from water</p>	
<p>AUTOR(ES): Marino et al.</p>	<p>AÑO DE PUBLICACIÓN: 2017</p>
<p>PARTICIPANTE: Scopus</p>	<p>PÁGINAS EMPLEADAS: 1-15</p>

<p>PALABRAS CLAVES:</p>	<p>Arsénico, caolín KT2, membranas de matriz mixta, inversión de fase, polietersulfona, tratamiento de aguas</p>
<p>MÉTODO DE PREPARACIÓN:</p>	<p>Fabricación y caracterización de membranas poliméricas mediante inversión de fase</p>
<p>PARÁMETROS DE REMOCIÓN:</p>	<p>Espesor, Porosidad, Ángulo de Contacto y Propiedades Mecánicas</p>
<p>EFFECTOS DE LOS PARÁMETROS:</p>	<p>Aumentó la eliminación de arsénico, al aumentar la dosis (1.25 a 2.5 %) siendo 2.5 % el punto de equilibrio con una remoción de arsénico de 30%.</p>
<p>CONCLUSIÓN:</p>	<p>Se realizaron estudios de membranas de adsorción para evaluar la utilidad de las membranas desarrolladas para la eliminación de As del agua contaminada.</p>

Anexo 31: Instrumento de recolección de datos

	<p>FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------

<p>TÍTULO: Evaluation of modified montmorillonite with di-cationic surfactants as efficient and environmentally friendly adsorbents for arsenic removal from contaminated water</p>	
<p>AUTOR(ES): Shokri et al.</p>	<p>AÑO DE PUBLICACIÓN: 2018</p>
<p>PARTICIPANTE: Scopus</p>	<p>PÁGINAS EMPLEADAS: 460-472</p>

<p>PALABRAS CLAVES:</p>	<p>Aminoácido, eliminación de arsénico, surfactante dicatiónico, montmorillonita modificada, tratamiento de aguas</p>
<p>MÉTODO DE PREPARACIÓN:</p>	<p>Modificación de arcilla con aminoácidos amigables con el medio ambiente con surfactante dicatiónico. Método de intercambio de cationes</p>
<p>PARÁMETROS DE REMOCIÓN:</p>	<p>concentración inicial de As(V) Tiempo de contacto pH</p>
<p>EFFECTOS DE LOS PARÁMETROS:</p>	<p>Mostró una remoción a partir del minuto 30 a 120, obteniendo una adsorción de 90% de As(V).</p>
<p>CONCLUSIÓN:</p>	<p>Los resultados revelaron que los adsorbentes modificados también podrían emplearse de manera eficiente para la eliminación de As(V) del agua durante muchos ciclos de adsorción y desorción.</p>

Anexo 32: Instrumento de recolección de datos

	<p>FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------

<p>TÍTULO: Remediation of arsenic contaminated water by a novel carboxymethyl cellulose bentonite adsorbent</p>	
<p>AUTOR(ES): Miljkovic et al.</p>	<p>AÑO DE PUBLICACIÓN: 2019</p>
<p>PARTICIPANTE: Scopus</p>	<p>PÁGINAS EMPLEADAS: 733-744</p>

<p>PALABRAS CLAVES:</p>	<p>Compuesto, modelo de isoterma, contaminación, capacidad de sorción, aguas residuales</p>
<p>MÉTODO DE PREPARACIÓN:</p>	<p>Suspensión, mezcla, rpm, secado y trituración</p>
<p>PARÁMETROS DE REMOCIÓN:</p>	<p>Concentración inicial de adsorbato pH Temperatura</p>
<p>EFFECTOS DE LOS PARÁMETROS:</p>	<p>Incrementó la cantidad eliminada de As(III), al aumentar la dosis</p>
<p>CONCLUSIÓN:</p>	<p>Una serie de investigaciones demostró que los compuestos sintéticos son apropiados para eliminar el arsénico de las aguas residuales por adsorción como una estrategia eficiente y de bajo costo.</p>

Anexo 33: Instrumento de recolección de datos

	<p>FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------

<p>TÍTULO: Comparison of properties and aquatic arsenic removal potentials of organically modified smectite adsorbents</p>	
<p>AUTOR(ES): Mukhopadhyaya et al.</p>	<p>AÑO DE PUBLICACIÓN: 2019</p>
<p>PARTICIPANTE: Sciencedirect</p>	<p>PÁGINAS EMPLEADAS:</p>

<p>PALABRAS CLAVES:</p>	<p>Modificación orgánica, esmectita, arsénico, adsorción, tratamiento de aguas, caracterización de arcillas</p>
<p>MÉTODO DE PREPARACIÓN:</p>	<p>Método de intercambio catiónico y polimerización</p>
<p>PARÁMETROS DE REMOCIÓN:</p>	<p>Dosis del adsorbente, pH, tiempo de contacto y temperatura.</p>
<p>EFFECTOS DE LOS PARÁMETROS:</p>	<p>Disminuyó la tasa de adsorción con el incremento del pH.</p>
<p>CONCLUSIÓN:</p>	<p>Por lo tanto, nuestro estudio demostró la capacidad de las arcillas modificadas con surfactantes para eliminar el As de las corrientes contaminadas.</p>

Anexo 34: Instrumento de recolección de datos

	<p>FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------

<p>TÍTULO: Improvement of aqueous solution coexisting with arsenite and arsenate using iron mixed porous clay pellets in batch and fixed-bed column studies</p>	
<p>AUTOR(ES): Thanh et al.</p>	<p>AÑO DE PUBLICACIÓN: 2019</p>
<p>PARTICIPANTE: Scopus</p>	<p>PÁGINAS EMPLEADAS: 1929-1937</p>

<p>PALABRAS CLAVES:</p>	<p>Adsorbente, adsorción, curva de avance, columna de lecho fijo, cinética</p>
<p>MÉTODO DE PREPARACIÓN:</p>	<p>Tratamiento de homogeneización manual, trituración, secado y tamizado</p>
<p>PARÁMETROS DE REMOCIÓN:</p>	<p>Cinética, isoterma, pH y efectos de aniones existentes.</p>
<p>EFFECTOS DE LOS PARÁMETROS:</p>	<p>Redujo el % de remoción de As al exceder >8 pH.</p>
<p>CONCLUSIÓN:</p>	<p>La investigación de la columna demostró que una tasa de flujo de alimentación más baja, una mayor altura del lecho y una concentración de adsorbato inicial más baja aumentaron el tiempo de penetración y saturación.</p>

Anexo 35: Instrumento de recolección de datos

	<p>FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------

<p>TÍTULO: Application of modified bentonites for arsenite (III) removal from drinking water</p>	
<p>AUTOR(ES): Buzetzky et al.</p>	<p>AÑO DE PUBLICACIÓN: 2019</p>
<p>PARTICIPANTE: Scopus</p>	<p>PÁGINAS EMPLEADAS: 113–121</p>

<p>PALABRAS CLAVES:</p>	<p>Arsenito (III), agua subterránea, bentonita modificada, tierras raras, experimentos de sorción</p>
<p>MÉTODO DE PREPARACIÓN:</p>	<p>Modificación de bentonitas mediante proceso de intercambio iónico</p>
<p>PARÁMETROS DE REMOCIÓN:</p>	<p>Cinética, tiempo de equilibrio, isothermas de sorción y desorción.</p>
<p>EFFECTOS DE LOS PARÁMETROS:</p>	<p>El aumento de temperatura, aumentó la movilidad de las especies de arsénico en la solución.</p>
<p>CONCLUSIÓN:</p>	<p>La isoterma de Langmuir puede representar la relación entre las concentraciones de arsenito absorbido y disuelto en equilibrio. Los experimentos a varias temperaturas apuntan a un mecanismo exotérmico de precipitación superficial.</p>

Anexo 36: Instrumento de recolección de datos

	<p>FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------

<p>TÍTULO: Study of the natural mineral sorbents' absorption properties of the Ural region (Russia)</p>	
<p>AUTOR(ES): Baikin et al.</p>	<p>AÑO DE PUBLICACIÓN: 2022</p>
<p>PARTICIPANTE: IOPscience</p>	<p>PÁGINAS EMPLEADAS: 1-6</p>

<p>PALABRAS CLAVES:</p>	<p>-</p>
<p>MÉTODO DE PREPARACIÓN:</p>	<p>Mezclado homogéneo y filtración</p>
<p>PARÁMETROS DE REMOCIÓN:</p>	<p>Capacidad de adsorción Tiempo</p>
<p>EFFECTOS DE LOS PARÁMETROS:</p>	<p>Redujo el porcentaje de arseniato adsorbido al exceder las 12 hrs.</p>
<p>CONCLUSIÓN:</p>	<p>El cobre en forma de catión divalente es bien absorbido por todos los absorbentes, pero el cromo en forma de anión complejo (en forma hexavalente) prácticamente no es absorbido.</p>

Anexo 37: Instrumento de recolección de datos

	<p>FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------

<p>TÍTULO: Arsenate removal from aqueous solution by montmorillonite and organo-montmorillonite magnetic materials</p>	
<p>AUTOR(ES): Barraque et al.</p>	<p>AÑO DE PUBLICACIÓN: 2021</p>
<p>PARTICIPANTE: Scopus</p>	<p>PÁGINAS EMPLEADAS: 1-10</p>

<p>PALABRAS CLAVES:</p>	<p>Adsorción de As, sistemas magnetita-arcilla, montmorillonita, órgano-montmorillonita, complejos de superficie</p>
<p>MÉTODO DE PREPARACIÓN:</p>	<p>Proceso de homogeneización, RPM, lavado, liofilizado, molido y almacenado</p>
<p>PARÁMETROS DE REMOCIÓN:</p>	<p>Concentración de As, capacidad de adsorción, pH</p>
<p>EFFECTOS DE LOS PARÁMETROS:</p>	<p>Mostró que a valores bajos de pH reduce el % de remoción de arsénico.</p>
<p>CONCLUSIÓN:</p>	<p>Así, utilizando campos magnéticos externos, ambos minerales pueden separarse y recuperarse de soluciones acuosas.</p>

Anexo 38: Instrumento de recolección de datos

	<p>FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------

<p>TÍTULO: Heavy metal removal from industrial effluent using bio-sorbent blends</p>	
<p>AUTOR(ES): Sreedhar y Reddy</p>	<p>AÑO DE PUBLICACIÓN: 2019</p>
<p>PARTICIPANTE: Scopus</p>	<p>PÁGINAS EMPLEADAS: 1-15</p>

<p>PALABRAS CLAVES:</p>	<p>Cinética de adsorción, reacción por lotes, isoterma de Freundlich, adsorción de metales pesados, difusión intraparticular, isoterma de Langmuir, estandarización de procesos</p>
<p>MÉTODO DE PREPARACIÓN:</p>	<p>Lavado repetitivo, secado y conserva</p>
<p>PARÁMETROS DE REMOCIÓN:</p>	<p>pH, tiempo de contacto, velocidad de agitación, dosis de adsorbente y tamaño de partícula</p>
<p>EFFECTOS DE LOS PARÁMETROS:</p>	<p>Mostró una rápida adsorción en los primeros 5 min, sin embargo, tendía a disminuir y alcanzar el equilibrio después de 30 min.</p>
<p>CONCLUSIÓN:</p>	<p>Se descubrió que la adsorción no era espontánea a todas las temperaturas investigadas. En este estudio se estableció la utilización de mezclas adsorbentes para remediar aguas residuales que contienen varios metales pesados.</p>

Anexo 39: Instrumento de recolección de datos

	<p>FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------

<p>TÍTULO: Treatment of contaminated groundwater via arsenate removal using chitosan-coated bentonite</p>	
<p>AUTOR(ES): Yee et al.</p>	<p>AÑO DE PUBLICACIÓN: 2019</p>
<p>PARTICIPANTE: Scopus</p>	<p>PÁGINAS EMPLEADAS: 1-16</p>

<p>PALABRAS CLAVES:</p>	<p>Energía de activación, arsénico, bentonita, quitosano, agua subterránea, termodinámica</p>
<p>MÉTODO DE PREPARACIÓN:</p>	<p>Síntesis de arcilla recubierta con quitosano</p>
<p>PARÁMETROS DE REMOCIÓN:</p>	<p>Dosis del adsorbente, pH, temperatura y tiempo de contacto.</p>
<p>EFFECTOS DE LOS PARÁMETROS:</p>	<p>El aumento de temperatura mejoró la adsorción, indicando su naturaleza endotérmica.</p>
<p>CONCLUSIÓN:</p>	<p>Basado en los datos de la termodinámica, el sistema de adsorción es endotérmico, no espontáneo y da como resultado una mayor aleatoriedad de As(V) a medida que se adsorbe de la solución a la superficie CCB.</p>

Anexo 40: Instrumento de recolección de datos

	<p>FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------

<p>TÍTULO: Synthesis of Bi₂WO₆/Na-bentonite composites for photocatalytic oxidation of arsenic(III) under simulated sunlight</p>	
<p>AUTOR(ES): Yang et al.</p>	<p>AÑO DE PUBLICACIÓN: 2019</p>
<p>PARTICIPANTE: Scopus</p>	<p>PÁGINAS EMPLEADAS: 1 - 9</p>

<p>PALABRAS CLAVES:</p>	<p>Osciladores de microondas, espectroscopia de fotoluminiscencia, microscopía electrónica de barrido, espectroscopía de fotoelectrones de rayos X</p>
<p>MÉTODO DE PREPARACIÓN:</p>	<p>Los fotocatalizadores compuestos BWO/BENT se fabricaron mediante el método hidrotermal.</p>
<p>PARÁMETROS DE REMOCIÓN:</p>	<p>Tiempo de contacto pH</p>
<p>EFFECTOS DE LOS PARÁMETROS:</p>	<p>Se observó una baja tasa de remoción en el As(III) a comparación del As(V).</p>
<p>CONCLUSIÓN:</p>	<p>El aumento del área superficial, la reducción de la agregación y la mejora de la eficiencia de separación de huecos de electrones podrían beneficiarse de este efecto sinérgico.</p>

Anexo 41: Instrumento de recolección de datos

	<p>FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------

<p>TÍTULO: Experimental study of As(V) adsorption onto different adsorbents</p>	
<p>AUTOR(ES): Danková et al.</p>	<p>AÑO DE PUBLICACIÓN: 2019</p>
<p>PARTICIPANTE: Scopus</p>	<p>PÁGINAS EMPLEADAS: 49-59</p>

<p>PALABRAS CLAVES:</p>	<p>Arsénico, bentonita, fe-bentonita, partículas magnéticas</p>
<p>MÉTODO DE PREPARACIÓN:</p>	<p>Tratamiento térmico y tamizado</p>
<p>PARÁMETROS DE REMOCIÓN:</p>	<p>Dosis del adsorbente, pH, temperatura y Tiempo de contacto.</p>
<p>EFFECTOS DE LOS PARÁMETROS:</p>	<p>incrementó el porcentaje de remoción al aumentar la dosis.</p>
<p>CONCLUSIÓN:</p>	<p>La bentonita natural fue más exitosa en la remoción de As(V) que la bentonita rica en Fe, con un mayor volumen de microporos y un mayor valor de área superficial externa.</p>

Anexo 42: Instrumento de recolección de datos

	<p>FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------

<p>TÍTULO: On using clay and nanoclay ceramic granules in reducing lead, arsenic, nitrate, and turbidity from water</p>	
<p>AUTOR(ES): Rezvani y Mehdi</p>	<p>AÑO DE PUBLICACIÓN: 2018</p>
<p>PARTICIPANTE: Springer</p>	<p>PÁGINAS EMPLEADAS: 1 - 4</p>

<p>PALABRAS CLAVES:</p>	<p>Arcilla, nanoarcilla, tratamiento de aguas, cerámico, arsénico</p>
<p>MÉTODO DE PREPARACIÓN:</p>	<p>Trituración manual y tamizado</p>
<p>PARÁMETROS DE REMOCIÓN:</p>	<p>Dosis del adsorbente Tiempo de contacto</p>
<p>EFFECTOS DE LOS PARÁMETROS:</p>	<p>La dosis de gránulos de nanoarcilla tiene más capacidad de intercambio iónico.</p>
<p>CONCLUSIÓN:</p>	<p>La bentonita natural fue más exitosa en la remoción de As(V) que la bentonita rica en Fe, con un mayor volumen de microporos y un mayor valor de área superficial externa.</p>

Anexo 43: Instrumento de recolección de datos

	<p>FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------

<p>TÍTULO: Synthesis of nano- alumina powder from impure kaolin and its application for arsenite removal from aqueous solutions</p>	
<p>AUTOR(ES): Khodadadi A., Kianinia Y. y Taheri-Nassaj, E.</p>	<p>AÑO DE PUBLICACIÓN: 2013</p>
<p>PARTICIPANTE: Springer</p>	<p>PÁGINAS EMPLEADAS: 1 - 14</p>

<p>PALABRAS CLAVES:</p>	<p>Nano alúmina, arsenito, eliminación, isoterma, caolín</p>
<p>MÉTODO DE PREPARACIÓN:</p>	<p>Calcinación, lixiviación y filtración</p>
<p>PARÁMETROS DE REMOCIÓN:</p>	<p>Dosis del adsorbente pH Tiempo de contacto</p>
<p>EFFECTOS DE LOS PARÁMETROS:</p>	<p>Se reduce la absorción cuando el tiempo de contacto es > 6 hrs.</p>
<p>CONCLUSIÓN:</p>	<p>El estudio demuestra que la eficiencia del proceso de adsorción depende del tiempo de equilibrio.</p>

Anexo 44: Instrumento de recolección de datos

	<p>FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------

<p>TÍTULO: Efficient arsenic(V) removal from contaminated water using natural clay and clay composite adsorbents</p>	
<p>AUTOR(ES): Foroutan et al.</p>	<p>AÑO DE PUBLICACIÓN: 2019</p>
<p>PARTICIPANTE: SEMANTIC SCHOLAR/ Springer</p>	<p>PÁGINAS EMPLEADAS: 1 - 13</p>

<p>PALABRAS CLAVES:</p>	<p>Arcilla natural, compuesto arcilla/Fe-Mn, estudio cinético, arsénico (V), termodinámica.</p>
<p>MÉTODO DE PREPARACIÓN:</p>	<p>Trituración, Tamizado, Suspensión Y RPM.</p>
<p>PARÁMETROS DE REMOCIÓN:</p>	<p>Dosis del adsorbente Tiempo de contacto pH - Temperatura</p>
<p>EFFECTOS DE LOS PARÁMETROS:</p>	<p>La disminución de temperatura, aumenta el % de remoción de As(V). El pH alcalino redujo el % de adsorción.</p>
<p>CONCLUSIÓN:</p>	<p>El estudio afirma que la regulación de temperatura y pH afecta drásticamente el proceso de remoción.</p>

Anexo 45: Instrumento de recolección de datos

	<p>FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------

<p>TÍTULO: Remoción de arsénico en agua mediante materiales de bajo costo y segura disposición final</p>	
<p>AUTOR(ES): Meichtry et al.</p>	<p>AÑO DE PUBLICACIÓN: 2015</p>
<p>PARTICIPANTE: Conicet</p>	<p>PÁGINAS EMPLEADAS: 47- 56</p>

<p>PALABRAS CLAVES:</p>	<p>Arsénico, remoción, arcillas naturales, hierro cerivalente, lixiviación de arsénico</p>
<p>MÉTODO DE PREPARACIÓN:</p>	<p>Trituración y Filtración</p>
<p>PARÁMETROS DE REMOCIÓN:</p>	<p>Dosis del adsorbente pH Tiempo de contacto</p>
<p>EFFECTOS DE LOS PARÁMETROS:</p>	<p>Mostró incremento de remoción al variar la dosis de arcilla modificada con Fe.</p>
<p>CONCLUSIÓN:</p>	<p>Los resultados mostraron que la eliminación de As(III) fue menos eficiente a comparación del As(V).</p>

Anexo 46: Instrumento de recolección de datos

	<p>FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------

<p>TÍTULO: Arsenic Adsorption on Iron-Modified Montmorillonite: Kinetic Equilibrium and Surface Complexes</p>	
<p>AUTOR(ES): Iriel et al.</p>	<p>AÑO DE PUBLICACIÓN: 2020</p>
<p>PARTICIPANTE: Conicet</p>	<p>PÁGINAS EMPLEADAS: 1 - 9</p>

<p>PALABRAS CLAVES:</p>	<p>Adsorción, arsénico, agua potable, materiales de arcilla modificada</p>
<p>MÉTODO DE PREPARACIÓN:</p>	<p>Montmorillonita modificado con Fe [Fe-Mt]</p>
<p>PARÁMETROS DE REMOCIÓN:</p>	<p>Dosis del adsorbente pH Tiempo de contacto</p>
<p>EFFECTOS DE LOS PARÁMETROS:</p>	<p>pH: El aumento de pH reduce la absorción de As(III) y As(V).</p>
<p>CONCLUSIÓN:</p>	<p>Los resultados de este estudio mostraron que al aumentar el pH (medio alcalino), la adsorción de As disminuye, debido a la interacción de iones del adsorbente y solución.</p>

Anexo 47: Instrumento de recolección de datos

	<p>FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------

<p>TÍTULO: Remoción de arsénico en agua mediante procesos de coagulación-floculación</p>	
<p>AUTOR(ES): Francisca y Carro</p>	<p>AÑO DE PUBLICACIÓN: 2014</p>
<p>PARTICIPANTE: Scielo</p>	<p>PÁGINAS EMPLEADAS: 178 - 188</p>

<p>PALABRAS CLAVES:</p>	<p>Coagulante, remediación, arcilla, experimento, regresión</p>
<p>MÉTODO DE PREPARACIÓN:</p>	<p>Muestras puras sometidas a identificación por microscopía electrónica de barrido (SEM) y análisis de energía dispersiva de rayos X (EDX)</p>
<p>PARÁMETROS DE REMOCIÓN:</p>	<p>Dosis del adsorbente pH</p>
<p>EFFECTOS DE LOS PARÁMETROS:</p>	<p>Reducción en el % de eliminación de arsénico debido a concentraciones bajas de pH.</p>
<p>CONCLUSIÓN:</p>	<p>Los resultados del estudio demostraron que la interacción del pH del adsorbente y el pH de la solución, definieron el % de remoción.</p>

Anexo 48: Instrumento de recolección de datos

	<p>FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------

<p>TÍTULO: Arsenic removal in groundwater by integrated ozonation and adsorption by activated carbon and zeolite</p>	
<p>AUTOR(ES): Rusmana, Notodarmojo y Helmy</p>	<p>AÑO DE PUBLICACIÓN: 2019</p>
<p>PARTICIPANTE: IOPScience</p>	<p>PÁGINAS EMPLEADAS: 2 - 7</p>

<p>PALABRAS CLAVES:</p>	<p>-</p>
<p>MÉTODO DE PREPARACIÓN:</p>	<p>Trituración, tamizado(210 µm), homogenización y secado (105°C - 2 a 3hrs)</p>
<p>PARÁMETROS DE REMOCIÓN:</p>	<p>Dosis del adsorbente Tiempo de contacto</p>
<p>EFFECTOS DE LOS PARÁMETROS:</p>	<p>Saturación Estructura porosa</p>
<p>CONCLUSIÓN:</p>	<p>Se puede concluir que las características del adsorbente, influyó en el proceso de eliminación de arsénico.</p>

Anexo 49: Instrumento de recolección de datos

	<p>FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------

<p>TÍTULO: Kinetic and adsorption study for removal of arsenic from aqueous medium by low cost bentonite of Rajmahal Hills and Hazaribagh, Jharkhand</p>	
<p>AUTOR(ES): Majumder y Jha</p>	<p>AÑO DE PUBLICACIÓN: 2020</p>
<p>PARTICIPANTE: Scopus</p>	<p>PÁGINAS EMPLEADAS: 3 - 5</p>

<p>PALABRAS CLAVES:</p>	<p>Adsorción, arsenito, bentonita, cinética química</p>
<p>MÉTODO DE PREPARACIÓN:</p>	<p>Muestras puras, así como derivados de las bentonitas pulverizadas y puestas a prueba con solución de bencidina</p>
<p>PARÁMETROS DE REMOCIÓN:</p>	<p>Dosis del adsorbente pH Tiempo de contacto</p>
<p>EFFECTOS DE LOS PARÁMETROS:</p>	<p>Saturación</p>
<p>CONCLUSIÓN:</p>	<p>Este estudio demuestra la viabilidad de la eliminación de arsenito por adsorción y limitación debido a la saturación del adsorbente.</p>

Anexo 50: Instrumento de recolección de datos

	<p>FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------

<p>TÍTULO: Enhanced As(III) and As(V) Adsorption From Aqueous Solution by a Clay Based Hybrid Sorbent</p>	
<p>AUTOR(ES): Mudzielwana et al.</p>	<p>AÑO DE PUBLICACIÓN: 2020</p>
<p>PARTICIPANTE:</p>	<p>PÁGINAS EMPLEADAS: 4 - 15</p>

<p>PALABRAS CLAVES:</p>	<p>Arsénico, arcilla en pilares, óxido de manganeso, óxido de hierro, agua</p>
<p>MÉTODO DE PREPARACIÓN:</p>	<p>Síntesis de adsorbente híbrido a base de arcilla</p>
<p>PARÁMETROS DE REMOCIÓN:</p>	<p>Dosis del adsorbente pH Temperatura</p>
<p>EFFECTOS DE LOS PARÁMETROS:</p>	<p>Variación en % de remoción debido a la concentración de pH.</p>
<p>CONCLUSIÓN:</p>	<p>La aplicación del adsorbente modificado, incrementó su % de eliminación de As(III) a un pH de 6, caso contrario para el As(V).</p>



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, SERNAQUE AUCCAHUASI FERNANDO ANTONIO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, asesor de Tesis titulada: "Tipos de Arcillas para Remoción de Arsénico en Medio Acuoso: Revisión Sistemática", cuyos autores son LOPINTA LEFONCIO RODRIGO MARTIN, VELA CALLE ANGIE LISSETH, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 8.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

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

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

LIMA, 12 de Julio del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
SERNAQUE AUCCAHUASI FERNANDO ANTONIO DNI: 07268863 ORCID: 0000-0003-1485-5854	Firmado electrónicamente por: FSERNAQUEA el 14- 07-2022 00:37:03

Código documento Trilce: TRI - 0339935