



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Revisión sistemática y meta-análisis sobre la eficiencia de cáscaras naturales en la remoción de Pb, Cd, Cu y Cr en aguas contaminadas

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERA AMBIENTAL

AUTORAS:

De La Cruz Vilchez, Julia Rossysela (ORCID: 0000-0001-5190-0672)

Quiroz Alcocer, Helen Marylin (ORCID: 0000-0002-4422-2399)

ASESOR:

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

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA — PERÚ

2020

Dedicatoria

Este estudio de investigación es dedicado a Dios, a nuestros padres por su esfuerzo para brindarnos un futuro mejor porque siempre estuvieron conmigo ofreciéndonos su apoyo incondicional, fueron ellos y mis hermanos quienes estuvieron presentes en mi día a día para culminar con éxito esta etapa de mi vida.

Agradecimiento

A Dios por darnos la dicha de existir e iluminar nuestro camino. A nuestros padres:

Dante Estuardo Quiroz Ortiz y Maria Dora Alcocer Toribio, por mostrarme el camino hacia la superación, sin su sacrificio y sin su confianza no hubiera logrado culminar esta etapa de mi vida.

Rosario Vilchez Huaman y Rolando De la cruz Rodriguez por haber sido mi ejemplo de superación, por haberme inculcado desde pequeña el deseo de obtener una carrera universitaria, gracias a su confianza y apoyo lograré mis objetivos y metas

A mi abuelita Julia Huamán Medrano por su apoyo y cariño incondicional

A mi tío Víctor Ordoñez Huamán y Medalit Valentín Huamán por sus enseñanzas y el apoyo brindado.

A Renhotd Jose Villafan Huerta y Jheralt Jean Paul Pascual Tolentino por su apoyo incondicional de forma moral en el transcurso de mi formación profesional.

Agradezco a mi asesor de Tesis, el Dr. Carlos Alberto Castañeda Olivera por haberme guiado durante la culminación de la tesis

Índice de Contenidos

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de Contenidos.....	iv
Índice de Tablas.....	v
Índice de Figuras.....	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA.....	14
3.1. Tipo y diseño de investigación	14
3.2. Variables y operacionalización	14
3.3. Población, muestra y muestreo	15
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	15
3.5. Procedimiento	17
3.7. Aspectos éticos.....	23
IV. RESULTADOS	24
V. DISCUSIÓN	71
VI. CONCLUSIONES.....	74
VII. RECOMENDACIONES.....	75
REFERENCIAS.....	76
ANEXOS	

Índice de Tablas

Tabla 1. Métodos de modificación de biosorbentes para el mejoramiento de sus capacidades de biadsorción (Adaptado de Park, Yun y Park, 2010)	8
Tabla 2. Ventajas y desventajas de tecnologías convencionales (Adaptado de Wang y Chen, 2009)	9
Tabla 3. variables de investigación	15
Tabla 4. Docentes que validaron los instrumentos.....	16
Tabla 5. Estrategia de Búsqueda	19
Tabla 6. Código de consulta.....	19
Tabla 7. Resultados de las bases de datos.....	21
Tabla 8. Características de los estudios.....	26
Tabla 9. Características de los estudios incluidos en la revisión.....	28
Tabla 10. Características fisicoquímicas del absorbente	36
Tabla 11. Condiciones operacionales de los absorbentes	39
Tabla 12. Características fisicoquímicas de la muestra de agua contaminada.....	44
Tabla 13. Seguimiento de remoción de metales pesados.....	49
Tabla 14. Aplicación de absorbentes y remoción de metales pesados	57

Índice de Figuras

Figura 1. Diagrama de diferentes procesos en la preparación de bioadsorbentes usando biomásas naturales (Adaptado de Yun et al. 2010)	7
Figura 2. Proceso de adsorción.....	10
Figura 3. Mecanismos de biosorción (Adaptado de TRELLES, 2013)	11
Figura 4. Diagrama de flujo de procedimientos de la revisión sistemática	17
Figura 5. Proceso de selección de investigaciones para el meta-análisis	24
Figura 6. Concentración inicial de Pb (II), Cd (II), Cu (II) y Cr (VI)	48
Figura 7. Meta-análisis de las capacidades de absorción respecto al porcentaje de remoción de Pb (II)	61
Figura 8. Meta-análisis de las capacidades de absorción respecto al porcentaje de remoción de Cd (II).....	62
Figura 9. Meta-análisis de las capacidades de absorción respecto al porcentaje de remoción de Cu (II).....	63
Figura 10. Meta-análisis de las capacidades de absorción respecto al porcentaje de remoción de Cr (VI)	64
Figura 11. Meta-análisis de los porcentajes de remoción de Pb (II) respecto a las capacidades de absorción.	65
Figura 12. Meta-análisis de los porcentajes de remoción de Cd (II) respecto a las capacidades de absorción.	66
Figura 13. Meta-análisis de los porcentajes de remoción de Cu (II) respecto a las capacidades de absorción.	66
Figura 14. Meta-análisis de los porcentajes de remoción de Cr (VI) respecto a las capacidades de absorción.	67
Figura 15. Porcentaje de remoción de Pb (II).....	68
Figura 16. Porcentaje de remoción de Cd (II).....	69
Figura 17. Porcentaje de remoción de Cu (II).....	69
Figura 18. Porcentaje de remoción de Cr (VI).....	70

Resumen

Las cáscaras naturales han sido reconocidas como desechos por la sociedad. Sin embargo, es un recurso renovable y prometedor para la tecnología ambiental en la eliminación de diversos tipos de contaminantes. Siendo así, esta investigación tuvo como objetivo evaluar mediante una revisión sistemática y meta-análisis la eficiencia de las cáscaras naturales en la remoción de Pb (II), Cd (II), Cu (II) y Cr (VI) en aguas contaminadas. El estudio fue de enfoque cuantitativo, tipo aplicada, nivel descriptivo y diseño no experimental. Para la búsqueda de información se utilizaron las bases de datos de Scopus, Web of Science, ScienDirec, ProQuest y Ebsco para el periodo de enero de 2010 hasta septiembre de 2020. Los resultados obtenidos demostraron que las cáscaras naturales lograron porcentajes de remoción de 90.8, 90.5, 85.9 y 93.13% para Pb (II), Cd (II), Cu (II) y Cr (VI), respectivamente. Finalmente, se concluye que la eficiencia de las cáscaras naturales depende de las condiciones operacionales utilizadas en el tratamiento, como dosis, pH, temperatura y tiempo de contacto.

Palabras claves: revisión sistemática, meta-análisis, cáscaras naturales, remoción, adsorción, aguas contaminadas.

Abstract

Natural shells have been recognized as waste by society. However, it is a renewable and promising resource for environmental technology in the removal of various types of pollutants. Thus, this research aimed to evaluate through a systematic review and meta-analysis the efficiency of natural shells in the removal of Pb (II), Cd (II), Cu (II) and Cr (VI) in polluted waters. The study had a quantitative approach, applied type, descriptive level and non-experimental design. The Scopus, Web of Science, ScienDirec, ProQuest and Ebsco databases were used to search for information for the period from January 2010 to September 2020. The results obtained showed that the natural shells achieved removal percentages of 90.8, 90.5, 85.9 and 93.13% pra Pb (II), Cd (II), Cu (II) and Cr (VI), respectively. Finally, it is concluded that the efficiency of the natural peels depends on the operational conditions used in the treatment, such as dose, pH, temperature and contact time.

Keywords: systematic review, meta-analysis, natural shells, removal, adsorption, contaminated water.

I. INTRODUCCIÓN

El agua es uno de los recursos más importantes para la vida y para el desarrollo de los seres humanos. Sin embargo, sus acciones lo están contaminando, debido a la generación de desechos antropogénicos que vierten sus aguas residuales a las fuentes de recurso hídrico, deteriorando su calidad y contaminándolas con elevadas concentraciones de metales pesados (WWAP, 2016). En el Perú, diversos procesos químicos industriales como química, textil y metalúrgica provocan daños ambientales por la inadecuada disposición, falta de control y tratamientos de sus aguas residuales, afectando negativamente la calidad del recurso hídrico, causando trastornos en la salud del hombre (INEI, 2016).

Ante esta creciente problemática, el presente estudio realizó una revisión sistemática de la eficiencia de las cáscaras naturales para la remoción de metales pesados en aguas contaminadas, mediante diversos métodos de eliminación. La preocupación por la contaminación ambiental, ha dado como resultado un aumento en los estudios de investigación experimental de tratamientos de agua residuales, a base de desechos orgánicos, dado su potencial como bioadsorbente de bajo costo, empleando residuos orgánicos que se encuentran presentes en nuestra vida cotidiana como las cáscaras de maíz, naranja, limón, maní, nuez, almendra, sandía, plátano, huevo etc. Asimismo, Pardavé et al. (2020) afirman que las cáscaras orgánicas tienen capacidad de adsorción puesto que las paredes contienen lípidos, proteínas, polisacáridos, amino, fosfato, sulfato, carboxil, hidroxil, tiol y una escala de grupos funcionales.

Las principales fuentes de bioadsorbentes son de desechos agrícolas. Esta revisión sistemática, proporciona información detallada sobre el uso de cáscaras naturales como bioadsorbentes para la eliminación de los iones de metales pesados, utilizando un meta-análisis para describir sus condiciones operacionales, características físicas y concentraciones de los adsorbente, establecidas mediante análisis estadísticos, con el fin de cuantificar los resultados de cada estudio de investigación para alcanzar conclusiones específicas.

De acuerdo con la realidad problemática, la presente investigación, a partir de los estudios realizados se considera las siguientes interrogantes, **problema general:** ¿Es posible evaluar mediante una revisión sistemática y meta-análisis la eficiencia de las cáscaras naturales en la remoción de metales de Pb (II), Cd (II), Cu (II) y Cr (VI) en aguas contaminadas, de enero del 2010 hasta setiembre del 2020? y como **problemas específicos** se plantearon las siguientes interrogantes ¿Cuál es el porcentaje de remoción utilizando cáscaras naturales en aguas contaminadas?, ¿Cuáles son las características físicas y químicas en la elaboración de los absorbentes para la remoción de Pb(II), Cd(II), Cu(II) y Cr(VI) en aguas contaminadas?, ¿Cuáles son las mejores condiciones operacionales en el proceso de elaboración de las cáscaras naturales como absorbentes para la remoción de Pb (II), Cd (II), Cu (II) y Cr (VI) en aguas contaminadas?, ¿Cuál es la procedencia y concentración inicial de las aguas contaminadas por Pb (II), Cd (II), Cu (II) y Cr (VI)?

La justificación del estudio es la contaminación de las fuentes de agua debido a la presencia de metales pesados, dicha justificación se da en tres aspectos: ambiental, social y económico. En el **aspecto ambiental**, busca contribuir con la recopilación y análisis de la amplia literatura, generada en los diez últimos años sobre la eficiencia de cáscaras naturales como bioadsorbentes, con el fin de encontrar alternativas de soluciones que permitan sintetizar los resultados. En el **aspecto social**, se contribuirá anexando las investigaciones de diversos autores y con ello lograr que la labor de investigación sea más factible para futuras generaciones y de esta manera controlar la contaminación del recurso hídrico y con ello evitar daños en la salud. Para el **aspecto económico**, los tratamientos aplicables en la remoción de metales pesados son económicos y accesibles dado que utilizan desechos orgánicos.

De acuerdo a la formulación del problema se planteó como **objetivo general:** Evaluar mediante una revisión sistemática y meta-análisis la eficiencia de las cáscaras naturales en la remoción de Pb(II), Cd(II), Cu(II) y Cr(VI) en aguas contaminadas y como **objetivos específicos:** identificar el porcentaje de remoción utilizando cáscaras naturales como absorbentes para el tratamiento de aguas contaminadas, identificar las características físicas y químicas en la elaboración de los absorbentes para la remoción de Pb (II), Cd(II), Cu(II) y Cr(VI),

identificar las condiciones operacionales en el proceso de elaboración de las cáscaras naturales como absorbentes para la remoción de Pb (II), Cd (II), Cu (II) y Cr(VI) en aguas contaminadas, Identificar la procedencia y concentración inicial del agua contaminada por Pb(II), Cd(II), Cu(II) y Cr(VI).

La presente investigación estableció como **hipótesis** que la aplicación de las cáscaras naturales tiene una mayor eficiencia en concentraciones menores, para mayores porcentajes de remoción de Pb (II), Cd (II), Cu (II) y Cr (VI) en aguas contaminadas

II. MARCO TEÓRICO

La contaminación del agua es la polución por sustancias extrañas que deteriora la calidad de los recursos hídricos: océano, lagos, corrientes, ríos, aguas subterráneas, etc. La mayoría de veces son contaminadas por efluentes industriales que poseen metales pesados que son acumulativos y no biodegradables en el medio ambiente, por tanto, pueden contaminar gravemente la vida acuática (TAŞAR et al. 2014). La **presencia de metales en aguas** como plomo, cadmio, cobre, cromo, etc. es una problemática medioambiental relevante producto de su alta toxicidad, en concentraciones altas pueden conducir a la intoxicación.

Los metales tóxicos son contaminantes que afectan al ambiente debido a su persistencia, han producido impacto negativo en los ecosistemas naturales aire, suelo y agua, ocasionado destrucción física del hábitat y daños en la salud de los seres vivos (ABDUL, 2012). Se encuentran presente en procesos industriales, como la minería, fertilizantes, curtiembre y pesticidas, las cuales generan altas descargas directas o indirectas de aguas residuales con elevado contenido de metales (OMS, 2015). Estos iones metálicos son considerados potenciales devastadores en el ecosistema y la salud de los seres humanos. No tienen un tratamiento adecuado, existe, por lo tanto, la necesidad de disminuir sus concentraciones en el agua. A continuación, se detallan los principales metales que se encuentran en los efluentes industriales como plomo, cadmio, cobre, cromo:

Plomo (Pb), es un metal ubicuo con alta densidad, presente de forma natural en la capa terrestre, se utiliza en gran escala en las industrias químicas, baterías, galvanoplastia, minería, fundición, pintura, pigmentos, tintes, vidrio etc. Según LONDOÑO et al. (2016) afirma que, más del 70% de plomo está suspendida en el medio ambiente, con una gran concentración que se deposita directamente en el agua, tiende a acumularse en los organismos acuáticos a través de la de la cadena alimentaria, y por absorción directa, generando graves problemas en la salud ya que se va acumulando en los organismos perjudicando a diversos sistemas del cuerpo, produciendo enfermedades, tales como hipertensión, trastornos reproductivos y trastornos neurológicos. Es clasificado como una sustancia perjudicial para los organismos vivos como las plantas,

animales y personas.). Por lo tanto, MIRELES, (2019) realizó un estudio de remoción de Pb utilizando cáscaras naranjas y pistacho como absorbente, logrando una eficiencia de 94 %. Del mismo modo ALBIS et al. (2016) utilizó cáscara de yuca modificada con ácido cítrico, demostrando su rendimiento de 95%.

Cadmio (Cd), es un metal presente en el medio ambiente aire, agua y suelo procedente de las actividades industriales como la del acero, plásticos, pilas eléctricas, etc. y también de la agricultura, acumulándose en cultivos provocando contaminación difusa en el agua de consumo humano, se puede transmitir al ser humano a través del consumo de pescado y marisco, carne y vegetales con altas concentraciones de cadmio (PERERA et al. 2016). El cadmio es cancerígeno ocasiona trastornos renales, infecciones pulmonares suficiencia, lesiones óseas, anemia e hipertensión (JAIN et al. 2015). Existen diferentes tecnologías y tratamientos, ENGUYEN et al. (2020) realizó una investigación para la eliminación de cadmio de aguas contaminadas usando cáscara de berberecho activada con ácido, logrando de capacidad de remoción el 97.77%. Asimismo, (KUMAR et al. 2020) usando cáscara de nuez anacardo, obtuvo un rendimiento de 22,11 mg/g, de eliminación de Cd.

Cobre (II), es uno de los metales pesados que se utiliza ampliamente en muchas industrias como en la producción de pinturas, pigmentos, fertilizantes, etc. Los efluentes de estas industrias suelen contener máximas concentraciones de cobre, que se propaga en el medio ambiente a través de los suelos y las corrientes de agua acumulándose a lo largo de la cadena alimenticia, causando efectos en la salud, generando graves problemas de mucosa, irritación, corrosión, daño hepático (RAMALINGAM et al. 2010). Por lo tanto, GHERIANY et al. (2020) utilizaron cáscara de naranja para la eliminación de cobre en aguas residuales, demostrando una capacidad de absorción del orden del 63 mg/l.; del mismo modo, IBRAHIM, (2020) pusieron a prueba la capacidad de absorción de las cáscaras de sandía, obteniendo el 69.57 mg/l de eficiencia para la eliminación de Cu (II) en aguas subterráneas.

Cromo (VI), se usa como insumo en las industrias del cromado, textil y la del curtido de cuero. Se informó que el Cr (VI) es altamente tóxico y cancerígeno, mientras que el Cr (III) tiene menos toxicidad y es esencial para los mamíferos.

Según la norma establecida por la Agencia de Protección Ambiental (USEPA) la máxima concentración de cromo permitida en el agua potable es de 0,05 mg/L (KUMAR et al. 2018). La exposición del cromo hexavalente más allá del límite permisible genera graves problemas para la salud. Por lo tanto, BANSAL et al. (2008) realizaron un estudio para la eliminación de Cr (VI) utilizando la cáscara de arroz hervida en condiciones operacionales óptimas, demostrando la capacidad máxima de absorción del 8.52 mg/L. Asimismo, ILYAS Y AEED, (2013) utilizaron la cáscara de maní, logrando una capacidad de 4.32 mg/l en remoción de Cr (VI). Las investigaciones mostraron que las cáscaras naturales son eficientes para la eliminación de Cr (VI) en solución acuosa.

Las cáscaras naturales son residuos orgánicos, generalmente son desechados en industrias alimentaria y en los hogares, Sin embargo, no son utilizados en toda su potencialidad y tienden a ser desperdiciados. Están compuestas por lignina y celulosa como componentes principales y también puede incluir otros grupos funcionales polares de lignina, que incluyen alcoholes, aldehídos, cetonas, carboxílicos, fenólicos y grupos de éter, además contienen 65% de agua, 35% de material sólido, 30% de celulosa, 7% de lignina, 63% de otras pectinas, hemicelulosa, cenizas, solubles y hesperidina (CONTI et al. 2019). Posee propiedades absorbentes ya que logra remover grandes porcentajes de metales pesados, son económicos y ecológicos debido a su composición química y su disponibilidad en abundancia los hacen una opción viable. Según GUIZA (2017), evaluó la eficiencia de cáscara de naranja como absorbente para la eliminación cobre (II), obteniendo una capacidad máxima de 63 mg/L. Asimismo, YUEN et al. (2020) evaluaron la capacidad de cáscara de plátano para absorber hierro (II) demostrando un 90% de eficiencia. Del mismo modo, YARI et al. (2019), estudio las condiciones operacionales de las cáscaras de almendra para lograr un eficiente porcentaje de eliminación de Cd (II) de las aguas residuales, los resultados mostraron una eficiencia del 81.94% de eliminación de cadmio con capacidad de absorción de 121.95 mg/L.

Las cáscaras naturales como absorbentes, es un recurso renovable y prometedor para la tecnología ambiental en la eliminación de diversos tipos de contaminantes acuático, existen publicaciones relacionadas sobre los adsorbentes basados en cáscaras naturales lo que indica un creciente interés de

la comunidad científica en este campo de investigación. En la Figura 1. Se muestra el diagrama de diferentes procesos en la preparación de bioadsorbentes

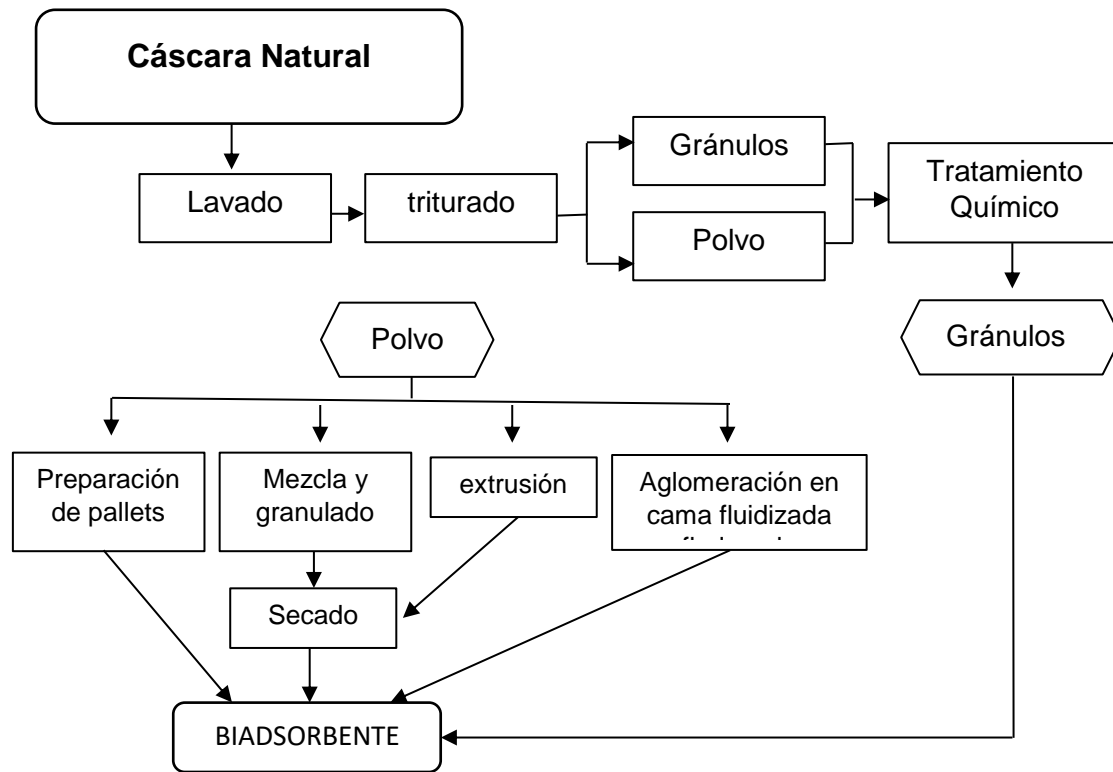


Figura 1. Diagrama de diferentes procesos en la preparación de bioadsorbentes usando biomásas naturales (Adaptado de Yun et al. 2010)

Bioadsorbente, es un producto consolidado que tiene la capacidad de retener en su superficie un elemento presente en las masas líquidas o gaseosas. Destacan por tener una superficie específica elevada e inercia química en el entorno que se va a utilizar, se clasifican en función de la naturaleza, existiendo los adsorbentes de carácter inorgánico y orgánico. Poseen propiedades para remover concentraciones desde ppm hasta ppb, absorben los iones disueltos en soluciones complejas logrando óptima efectividad en la remoción de iones metálicos, con facilidad de experimentar procesos de coagulación, floculación y carbón activado ideales para el tratamiento de aguas contaminadas (WANG y CHEN, 2006). Existen métodos de pre-tratamiento a los cuales los biosorbentes pueden ser sometidos con el objeto de mejorar su capacidad de remoción. Algunos de estos métodos involucran la modificación física y química de los biosorbentes de manera que los 'grupos de captura' sean activados y la

capacidad de remoción mejorada. En la Tabla 1 se muestra los métodos de modificación

Tabla 1. Métodos de modificación de biosorbentes para el mejoramiento de sus capacidades de biadsorción (Adaptado de Park, Yun y Park, 2010)

Categoría de Biomasa	Ejemplo	
Modificación física	vaporizado, auto clavado, secado térmico, liofilizado, cortado, molido, etc	
Modificación química	Pre-tratamiento (lavado)	Ácidos (HCl, H ₂ SO ₄ , HNO ₃ , H ₃ PO ₄ , ácido cítrico, etc.), bases, NaOH, KOH, NH ₄ OH, Ca (OH) ² , etc.), solventes orgánicos (metanol, etanol, acetona, tolueno, formaldehído, epíclorohidrina, ácido salicílico, NTA, EDTA, etc.), y otros químicos (NaCl, CaCl ₂ , ZnCl ₂ , Na ₂ CO ₃ , NaHCO ₃ , K ₂ CO ₃ , (NH ₄) ₂ SO ₄ , H ₂ O ₂ , NH ₄ CH ₃ COO, etc.)
	Mejoramiento de los 'grupos de captura'	Aminación, carboxilación y/o fosforilación de los grupos hidroxilos, carboxilación del grupo amino, aminación del grupo carboxilo, saponificación del grupo éster, sulfonación, halogenación, oxidación, etc.
	Eliminación de los grupos inhibidores	De-carboxilación o eliminación del grupo carboxilo, des-aminación o eliminación del grupo amino
	Polimerización e injerto	Injerto de radiación de alta energía (usando irradiación γ , microondas, radiación electromagnética, etc.), injerto fotoquímico (con o sin sensibilizadores) e injertos de iniciación química (usando ion permanganato, nitrato ferroso de aluminio, H ₂ O ₂ , KMnO ₄ /ácido cítrico)

La **remoción** se logra mediante el empleo de bioadsorbentes, provenientes de las algas, plantas, bacterias, hongos y residuos agroindustriales que son expuestos a procesos fisicoquímicos de costo asequible con el fin de optimizar los iones metálicos (TEJADA et al. 2014). La necesidad de disminuir la concentración de metales pesados presentes en los vertidos ha generado el desarrollo de nuevas tecnologías de separación económicas y eficaces. Según PAREDES et al. (2017), realizaron un estudio de remoción de plomo en aguas

contaminadas con cáscaras de banano y naranja, logrando el 85% de eliminación de plomo. Similarmente, VERDUGO, (2017) estudio la biadsorción de cromo hexavalente y plomo utilizando la cáscara de mandarina en condiciones operacionales en pH 4 y tamaño de partícula de 0.3mm, obtuvieron de resultado de remoción el 71,9% de Pb y 54.4% de Cr (VI) en aguas contaminadas. TAPIA et al. (2018) estudiaron la adsorción del cobre y níquel utilizando cáscara de maní, demostrando la capacidad máxima de 69,91 % y 45,7 % respectivamente. En la Tabla 2. Se muestran tecnologías convencionales de las cáscaras naturales para la remoción de metales pesados.

Tabla 2. Ventajas y desventajas de tecnologías convencionales (Adaptado de Wang y Chen, 2009)

Métodos	Ventajas	Desventajas
Adsorción	<ul style="list-style-type: none"> ● Conocida y disponible comercialmente ● Demuestra una gran efectividad ● Se obtiene efluentes con alta pureza 	<ul style="list-style-type: none"> ● Puede ser afectado por los sólidos suspendidos ● Genera residuo tóxico ● Transigencia limitada a las variaciones de pH
Intercambio iónico	<ul style="list-style-type: none"> ● Técnica comunes y comercialmente disponibles ● Elevada efectividad ● Efluente de prominente pureza 	<ul style="list-style-type: none"> ● Transigencia de las variaciones de pH ● Genera residuos peligrosos. ● Puede ser afectado por los sólidos suspendidos ● Costo parcialmente alto.

El porcentaje de remoción es una expresión de la magnitud que ha variado con respecto a la concentración inicial que llegó a reducirse, se obtiene a través de diversos métodos matemáticos en fracción y decimales, para establecer la concentración final de metales pesados, así determinar si la técnica utilizada llegó a reducir o aumentar la concentración inicial (SOTO et al. 2006). Por lo tanto, la eliminación de metales pesados se ha llevado a cabo sistemáticamente por medio de diferentes técnicas convencionales como filtración de membrana, electrodiálisis, ósmosis inversa, nanofiltración, entre otros, y las técnicas no convencionales son adsorbentes de bajo costo por materiales naturales desarrollados para reducir el porcentaje de remoción de metales en las aguas residuales de las actividades industriales aplicando residuos orgánicos (CAVIEDES et al. 2015)

La bioadsorción es un procedimiento que implica los fenómenos de absorción y adsorción para la separación de contaminantes que se encuentran en soluciones acuosas, es un tratamiento para las aguas contaminadas provenientes del sector industrial, utilizando diferentes sorbentes como algas, bacterias, hongos, productos agrícolas y cáscaras de frutas (TOVAR et al. 2015). **La adsorción** es un proceso que se produce cuando un gas o un líquido soluble se acumula en la superficie de un sólido, formando una película molecular o atómica, es utilizada a en aplicaciones de carbón activado, resinas sintéticas y purificación del agua atómica (LAKHERWAL, 2014). De tal forma, la adsorción involucra un absorbente granuladamente selectiva para la remoción de metales pesados con o sin ajuste de las condiciones operacionales del absorbente. En la Figura 2. Se muestra el proceso de la adsorción.

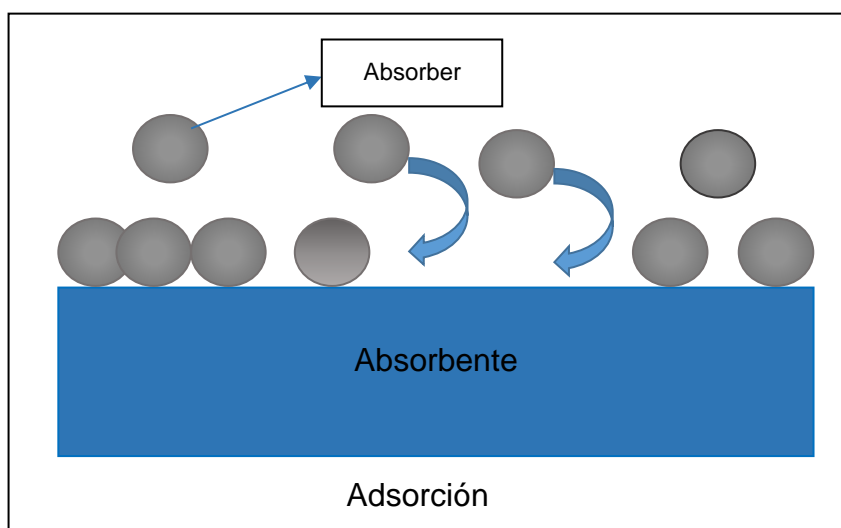


Figura 2. Proceso de adsorción

Los absorbentes utilizados para la biosorción se derivan de diferentes fuentes, las materias primas utilizadas para la síntesis del biosorbente son generalmente complejas y diversas. Por lo tanto, implica que la adsorción de metales puede ser facilitada por diferentes formas, es importante comprender el **mecanismo de biosorción** para, mejorar la comprensión de la unión del metal a la superficie del bioadsorbente, aumento de la eficiencia de los biosorbentes y control de la eliminación de metales. Además, el conocimiento sobre el mecanismo del proceso ayuda a elegir el método para la regeneración del biosorbente dependiendo de sus diferentes tipos de grupos funcionales como amina, carbonilo, hidroxilo, sulfonato, carboxilo, fenólico y fosfodiéster que

pueden atraer iones metálicos hacia la superficie, el mecanismo comprende los procesos tales como intercambio iónico, quelación, complejidad superficial, interacción trostática (AGARWAL et al. 2020). En la Figura 3, se muestra los mecanismos de la biosorción, (1) Clasificados de acuerdo a su metabolismo celular, (2) Clasificado según su ubicación de la biosorción (TRELLES, 2013).

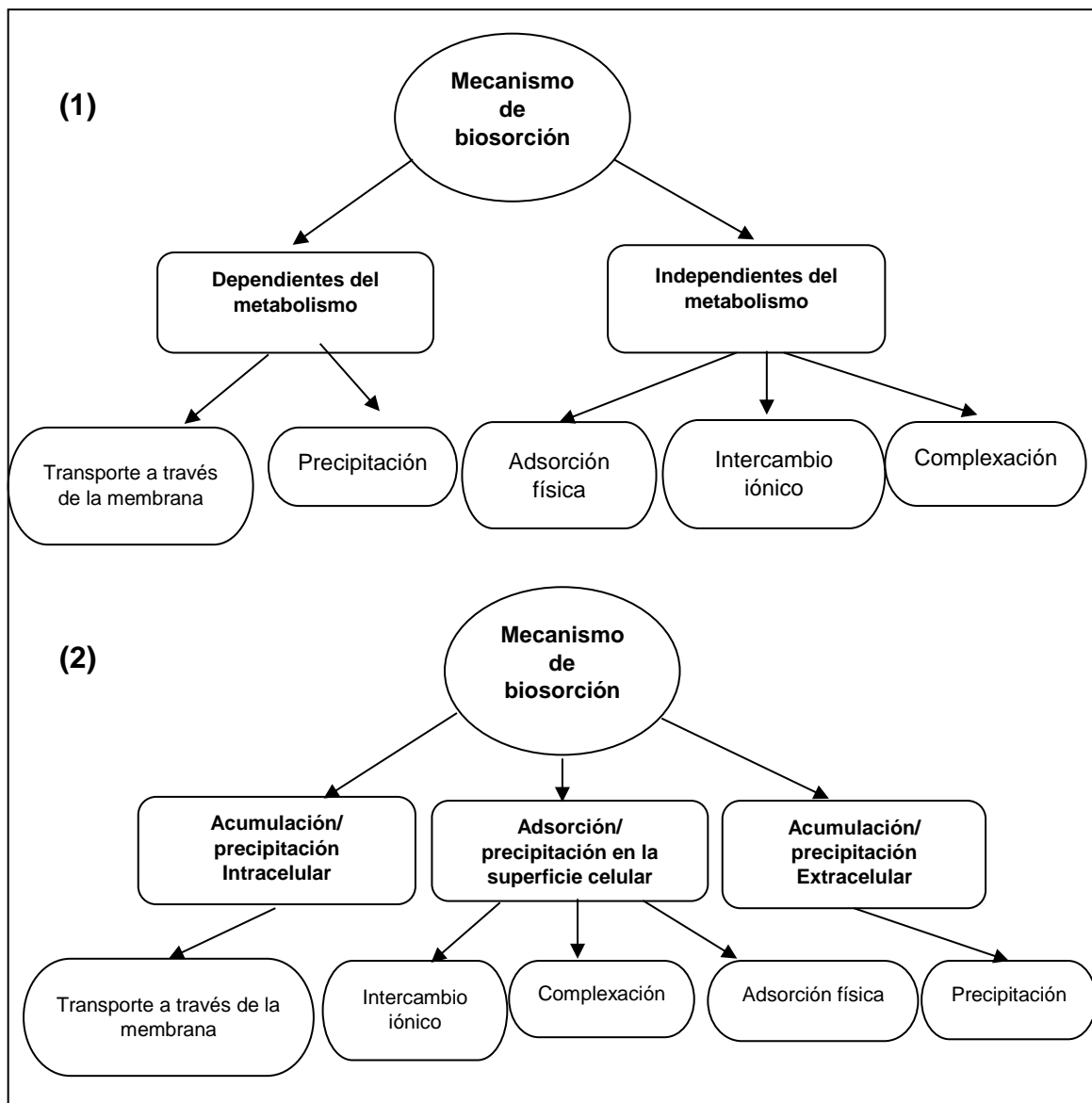


Figura 3. Mecanismos de biosorción (Adaptado de TRELLES, 2013)

Los factores que afectan en el proceso de bioadsorción son: **pH** de la solución, es un factor importante para mejorar la remoción por biosorción afecta la carga de la superficie de los adsorbentes, así como el grado de ionización y especiación de los diferentes contaminantes (MALL et al. 2006). La

temperatura, mejora la remoción por biosorción al incrementar la actividad superficial y energía cinética del adsorbato, pero puede dañar la estructura física del biosorbente (DONGHEE et al. 2010). La **concentración inicial** del contaminante, incrementa la cantidad de contaminante biosorbido por unidad de peso del biosorbente, pero reduce su eficiencia de remoción (DONGHEE et al. 2010). **Dosis de biosorbente**, disminuye la cantidad de contaminante biosorbido por unidad de peso de biosorbente, pero incrementa la eficiencia de remoción (SAWYER et al. 2001). **Tamaño del biosorbente**, es favorable para el proceso mientras más reducido sea las muestras, ya que incrementa el área superficial del biosorbente (PINZÓN y TAMAYO, 2008). La **velocidad de agitación**, aumenta la tasa de eliminación de contaminantes de adsorción minimizando su masa resistencia de transferencia, pero puede dañar la estructura física del biosorbente (HERRERA et al. 2011)

La **revisión** es un elemento clave en la evidencia, se gana el adjetivo sistemático si se basa en una pregunta claramente formulada, identifica los estudios pertinentes, evalúa su calidad y resume las pruebas por su uso de metodología explícita. Para una revisión sistemática debe cumplir con 5 etapas: Etapa 1, enmarcar las preguntas para una revisión; Etapa 2, identificación de la fuente de información; Etapa 3, evaluación de la calidad de los estudios; Etapa 4, resumir las pruebas, consiste en la tabulación de las características del estudio y Etapa 5, interpretar los hallazgos y las cuestiones destacadas en cada uno de los cuatro pasos anteriores (KHAN et al. 2003).

El **meta-análisis** es desarrollada de acuerdo a enfoques principales, el enfoque analítico da importancia a la revisión cualitativa y cuantitativa disponible de un tema o interrogante determinado a una investigación en búsqueda de la divergencia de los estudios, el enfoque sintético decreta el efecto de cada estudio. Los enfoques son útiles y complementarios entre sí, ya que requiere de una metodología minuciosamente definida de tal forma puedan llegar resultados eficientes (SÁNCHEZ, 2015). Asimismo, el meta-análisis implica una serie de procedimientos para sintetizar estadísticamente los estudios, convirtiéndose en medidas estandarizadas promediado. Por lo cual, permite responder preguntas a través de la asimilación de datos de diversas fuentes como la variabilidad de los efectos entre los estudios (la homogeneidad de los efectos tamaños). El

proceso de meta-análisis es elaborada en seis pasos: (1) hacer una búsqueda de literatura; (2) decidir sobre algunos criterios de inclusión y exclusión; (3) calcular los tamaños de los efectos para cada estudio que se ha incluido; (4) hacer el meta-análisis básico; (5) considerar la posibilidad de hacer algunos análisis más avanzados como la exploración de las variables de moderación; y (6) escribir los resultados (FIELD y GILLETT, 2010).

La herramienta **PICO** es una estrategia de búsqueda, también definida como regla para decidir qué estudio incluir en la revisión, utilizada en preguntas de investigación si no se dispone de pruebas suficientes, el objetivo es generar conocimiento, mejorar la claridad conceptual si las pruebas están disponibles y son convincentes, esto puede ser el comienzo de un proyecto de aplicación para asegurar una aplicación más amplia, donde es descifrada como: (P) problema; (I) intervención, (C) comparación y (O) resultado (TIEMENS, 2008).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

La **Revisión sistemática y meta-análisis sobre la eficiencia de cáscaras naturales en la remoción de Pb (II), Cd (II), Cu (II) y Cr (VI)**, fue de tipo aplicada, y enfoque cuantitativo, es decir, pretende obtener respuestas a un problema a través de una integración cuantitativamente de los resultados de investigaciones predecesoras. SCHWARZ, (2019) afirma que la investigación aplicada es aquella que busca como objetivo otorgar respuestas por medio de metodología, protocolo y tecnología, cumpliendo la necesidad específica ante el investigador dar como resultado de forma organizada, sistemática y rigurosa de conocer la realidad. Por otro lado, LINO et al. (2018), señala que un enfoque cuantitativo es desarrollado de manera directa para verificar y comprobar las hipótesis establecidas en la investigación utilizando la recolección de datos, el análisis para constatar la confianza en medición numérica y el uso estadístico.

La investigación sobre la revisión sistemática y meta-análisis, según el grado de manipulación de variables fue una investigación del tipo no experimental y según su nivel de profundización es una investigación descriptiva. Por otra parte, SÁNCHEZ, (2018) manifiesta que la investigación no experimental también se reconoce como ex post facto; una investigación sistemática en la que las variables independientes no se alteran porque ya se han desarrollado, ya que se basa en el análisis de acontecimientos que ya han sucedido. Según ESCORCIA, (2018), menciona que un estudio descriptivo hace referencia a la descripción de datos y caracterización de la población.

3.2. Variables y operacionalización:

Las dimensiones fueron planteadas de forma general de acuerdo al criterio de los diversos autores de las investigaciones incluidas. De tal forma, las variables establecidas para el presente estudio se presentan a continuación. En la Tabla 3. se muestra las variables que se estudiarán en esta investigación. Ya, en el Anexo 1 se mostrará la matriz de operacionalización de las variables.

Tabla 3. variables de investigación

Variable Independiente	Variable Dependiente
Cáscaras naturales	Remoción de metales de Pb, Cd, Cu y Cr en aguas contaminadas

3.3. Población, muestra y muestreo

El estudio de investigación tomó como **población** a 580, estudios que se realizaron entre enero 2010 hasta setiembre del 2020, sobre la eficiencia de las cáscaras naturales como absorbentes en la eliminación de metales pesados en aguas contaminadas.

Como **muestra** se utilizó 39 estudios que cumplieron con los criterios de inclusión de acuerdo a la escala de calidad Newcastle-Ottawa (modificada de acuerdo a un criterio ambiental).

El presente estudio utilizó la técnica del meta-análisis como **muestreo**, ya que esta técnica emplea métodos estadísticos para determinar márgenes de error y cuantificar los resultados de investigaciones analizadas con el fin de obtener conclusiones específicas (MARTIN, 2008).

La **unidad de análisis** fue un conglomerado de estudios científicas que contenía la información sobre la eficiencia de las cáscaras naturales como absorbentes, en el cual los resultados se utilizaron para realizar análisis estadísticos.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La **técnica** empleada para la presente investigación es meta-análisis, este análisis estadístico es usada para resumir en un único valor los resultados precisos de dos o más estudios que hayan comparado dos grupos, para aceptar o rechazar la hipótesis planteada, siendo una búsqueda eficaz de la literatura.

Como estrategia para el análisis de recolección de datos se utilizó tablas, que recopilaban información de los estudios de investigación para la elaboración del meta-análisis. Se empleó como **instrumento** para la extracción de datos 4 fichas donde almacenaremos información, estos se mostrarán en el anexo.

- Ficha 1. Características de los estudios incluidos en la revisión
- Ficha 2. Características fisicoquímicas del absorbente
- Ficha 3. Condiciones operacionales de los absorbentes
- Ficha 4. Características fisicoquímicas de la muestra de agua contaminada
- Ficha 5. Seguimiento de remoción de metales pesados
- Ficha 6. Aplicación de absorbentes y remoción de metales pesados

La validación de instrumentos es un grado de medición de las variables de estudio de investigación (HERNÁNDEZ et al. 2010). Por lo tanto, se solicitó la participación de tres expertos especializados en el tema para la evaluación de los instrumentos planteados en el estudio. En la tabla 4 se muestra la validación de instrumentos

Tabla 4. Docentes que validaron los instrumentos.

N°	Nombres y apellidos del experto	Especialidad	CIP	Valoración
1	Castañeda Olivera, Carlos Alberto	Tecnología mineral y ambiental	130267	90%
2	Ordoñez Gálvez, Juan Julio	Hidrología y medio ambiente	89972	90%
3	Acosta Suasnabar, Eusterio Horacio	Ingeniero químico y ambiental	25450	90%
Promedio de Valoración				90%

La confiabilidad de un instrumento de medición se puede manifestar por la técnica de recolección de datos sin que este cambie los resultados obtenidos (Hernández et al. 2010). Por lo tanto, permite que diversos investigadores realicen el mismo proceso con las mismas condiciones y puedan obtener resultados iguales. También permite que la hipótesis de investigación obtenga una aceptación científica

3.5. Procedimiento

Para el desarrollo de la investigación, en la Figura 4. se realizó un diagrama de flujo de los procedimientos

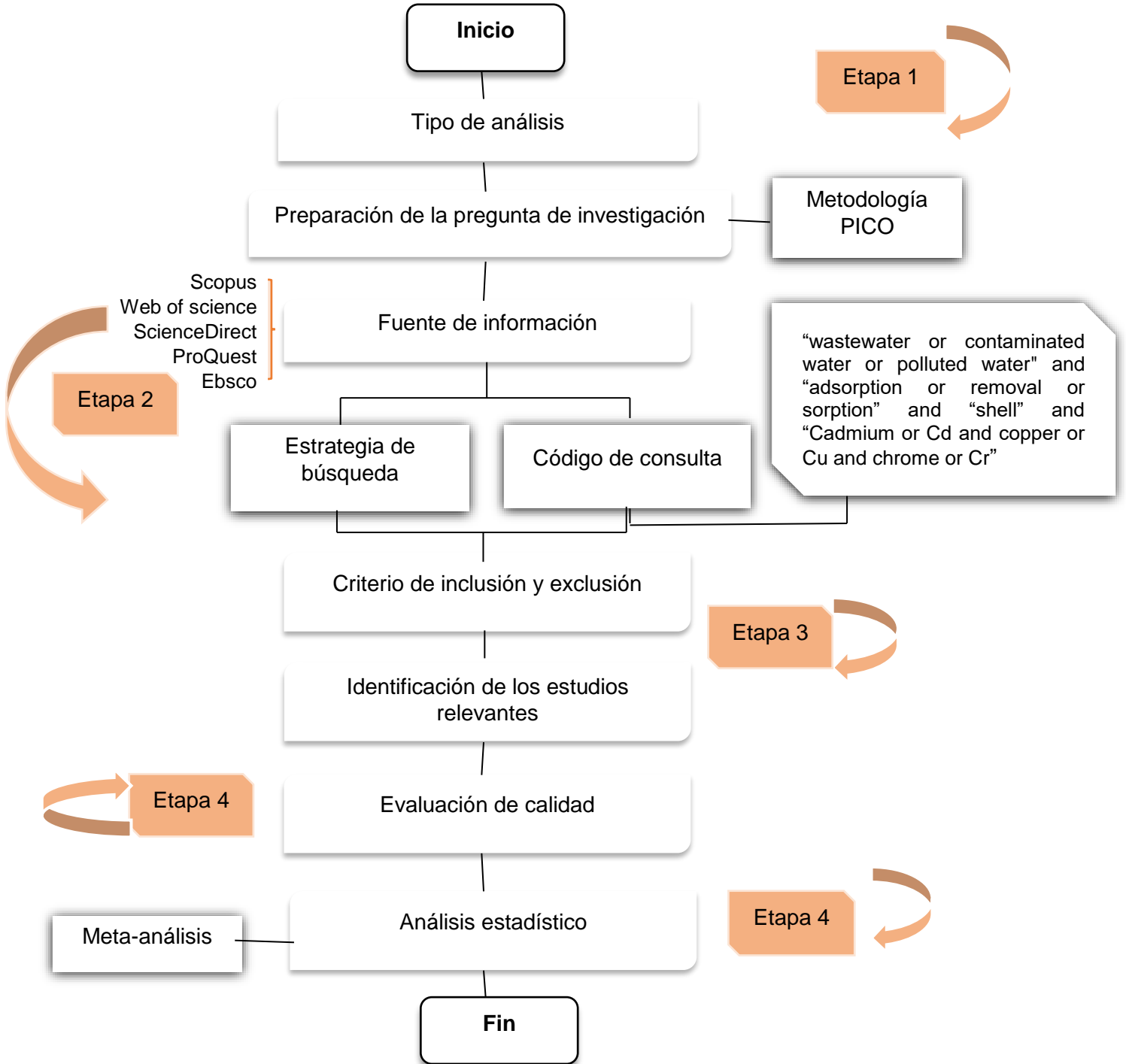


Figura 4. Diagrama de flujo de procedimientos de la revisión sistemática

Etapa 1. Tipo de Análisis

El estudio realizó un meta-análisis a los estudios incluidos de las diferentes áreas científicas realizadas en las bases de datos de Scopus, Web of Science, ScienceDirect, Proquest y Ebsco sobre la eficiencia de cáscaras naturales como absorbentes. El análisis de los datos fue realizado mediante las funciones del programa Excel y el programa Review Manager.

1.1. Planteamiento de la pregunta de investigación

Para estructurar la pregunta de la investigación se usó la metodología PICO:

P: Aguas contaminadas con Pb (II), Cd (II), Cu (II) y Cr (VI)

I : Aplicación de las cáscaras naturales como absorbente

C: Sin aplicación de las cáscaras naturales

O: Remoción

¿Es posible evaluar mediante una revisión sistemática y meta-análisis la eficiencia de las cáscaras naturales en la remoción de metales de Pb (II), Cd (II), Cu (II) y Cr (VI) en aguas contaminadas?

Etapa 2. Fuentes de información

Para la recolección de información sobre el tema, el presente estudio utilizó fuentes de información más recurridas y confiables de diferentes recursos digitales disponibles en la plataforma de la Universidad César Vallejo y otros portales. Se trabajó con fuentes de información confiables tales como: Scopus, Web of Science, ScienceDirect, Proquest y Ebsco.

2.1. Estrategia de búsqueda

Para efectuar una estrategia, es fundamental llevar a cabo una búsqueda exhaustiva de la literatura publicada utilizando combinaciones de vocabulario controlado basándonos en la problemática formulada, para ello se delimitó la búsqueda de artículos y revistas empleando palabras claves de las variables de la investigación, se estableció el periodo de fecha y año de publicación. Asimismo, se probaron ecuaciones de búsqueda a partir de la combinación de palabras claves que permiten caracterizar el perfil de los artículos a escoger como resultado, relacionadas con el título y el problema general de la

investigación, con el fin de encontrar información relevante en las diferentes fuentes ya mencionadas en la Tabla 4. En la Tabla 5 se muestra las estrategias de búsqueda

Tabla 5. Estrategia de Búsqueda

Base de datos	Estrategia de búsqueda	Año
Scopus	"Cáscaras naturales", "Cáscaras de residuos organicos", "eliminación de metales pesados", "absorción, adsorción y remoción de metales pesados"	Enero 2010 hasta setiembre 2020
Web of Science		
ScienceDirect		
EBSCOhost		

2.2. Código de consulta

Después de la generación de estrategia de búsqueda se consolidó el código de consulta en las distintas bases de datos. En la Tabla 6. se muestra los códigos de consulta de las bases de datos

Tabla 6. Código de consulta

Base de datos	Código de consulta	Áreas	Período de publicación
Scopus	(wastewater or "contaminated water" or "polluted water") and (adsorption or removal or sorption) and shell and (lead or Pb)	Environmental Sciences or Engineering Chemical or Engineering Environmental	Enero 2010 hasta setiembre 2020
	(wastewater or "contaminated water" or "polluted water") and (adsorption or removal or sorption) and shell and (Cadmium or Cd)		
	(wastewater or "contaminated water" or "polluted water") and (adsorption or removal or sorption) and shell and (copper or Cu)		
	(wastewater or "contaminated water" or "polluted water") and (adsorption or removal or sorption) and shell and (chrome or Cr)		
Web of Science	(removal or adsorption) (lead or Pb) and (shell) and (water)	Environmental sciences or engineering chemical or Engineering environmental or Water resources or Chemistry multidisciplinary or Chemistry analytical or chemistry physical	
	(removal or adsorption) (Copper or Cu) and (shell) and (polluted water)		
	(removal) (cadmium or cd) and (shell) and (polluted water)		
Science Direct	(wastewater or "contaminated water") and (adsorption or removal or sorption) and shell and (lead or Pb)	Environmental Science or Chemical Engineering Agricultural and or Biological Sciences	
	wastewater or "contaminated water") and (adsorption or removal or sorption) and shell and (Cadmium or Cd)		

	wastewater or "contaminated water") and (adsorption or removal or sorption) and shell and (copper or Cu)		
	wastewater or "contaminated water") and (adsorption or removal or sorption) and shell and (chrome or Cr)		
ProQuest	(wastewater or "contaminated water") and (adsorption or removal or sorption) and shell and (lead or Pb) and (Cadmium or Cd) and (copper or Cu) and (chrome or Cr)	Water Science and Technology or Applied Water Science or International Journal of Environmental Science and Technology	
EBSCO host	(wastewater or "contaminated water" or "polluted water") and (adsorption or removal or sorption) and shell and (lead or Pb) and (Cadmium or Cd) and (copper or Cu) and (chrome or Cr)	"environmental science & pollution research" "international journal of environmental science & technology" "polish journal of environmental studies" "journal of environmental chemical engineering"	

Etapa 3. Criterios de inclusión y exclusión

Para realizar una revisión sistemática se utilizaron estudios de investigación con información sobre cáscaras naturales como absorbentes para la eliminación de Pb, Cd, Cu, Cr en aguas contaminadas, fueron identificadas en diversas bases de datos, se seleccionó la expresión de búsqueda consignada en la ecuación y se consideró los criterios de inclusión considerando las áreas temáticas, tipo de documento y fechas de publicación se procuró que estas no superaran los 10 años de antigüedad. A partir de los códigos de consulta mostrados en la tabla 6 se detallan los criterios de inclusión y exclusión:

En la base de datos Scopus se utilizaron cuatro códigos en los cuales se identificaron 246, 86, 107 y 128 documento digitales respectivamente, se incluyeron por tipo de documento y área temática, obteniendo como resultado 123, 70, 88 y 109 documentos. En la base de datos Web of Science se utilizaron cuatro códigos en los cuales se identificaron 192, 165 y 94 documentos digitales respectivamente, se incluyeron por categoría y tipo de documento obteniendo un total de 142, 141 y 78 documentos. En la base de datos Science Direct se utilizaron cuatro códigos en el cual se identificaron 409, 191, 366 y 49 resultados.

Se incluyeron por título de publicación, área temática y tipo de documento, obteniendo como resultado 95, 64, 79 y 16 documentos. En la base de datos proQuest se utilizó un código de consulta en la cual se identificaron 4.171

resultados, se incluyeron por tipo de documento, por idioma, por tipo de publicación obteniendo un total de 206 documentos. En la base de datos EBSCO se utilizó un código en el cual se identificaron 26,322 se limitaron por tipo de recursos, palabras claves, idioma y tipo de publicidad obteniendo un total de 113 documentos. Se excluyó las investigaciones, que no responden al problema general, a los objetivos y variables del proyecto, también por tipo de revista, palabras claves y tipo de documento.

Se realizó la selección de artículos y extracción de datos de los estudios incluidos de cada base de datos, se procedió a descargarlo en excel para una evaluación minuciosa de acuerdo a los criterios de exclusión, se realizó una revisión de los resúmenes de los estudios donde se identificaron los documentos relevantes, excluyendo documentos se duplicados

3.1. Identificación de documentos relevantes

Se realizó la identificación de documentos relevantes en Excel de las investigaciones que fue resultado de las búsquedas bibliográficas en la base de datos, que incluían el título, resumen y palabras claves, fueron seleccionadas aquellas que cumplieron con los criterios de inclusión para la extracción de datos. Para ello es importante registrar con todo rigor y detallar las características relevantes de cada estudio que se incluya en el meta-análisis, se utilizaron diversas herramientas de traducción virtual para comprender el contenido de dichas investigaciones e identificar los documentos relevantes. En la Tabla 7. Se muestran el total de resultados de cada base de datos

Tabla 7. Resultados de las bases de datos

Base de datos	Referencia
Scopus	117 documentos digitales
Web of Science	176 documentos digitales
ScienceDirect	98 documentos digitales
ProQuest	120 documentos digitales
EBSCOhost	69 documentos digitales
Total	580 documentos digitales

Etapa 4. Evaluación de calidad

La evaluación de la calidad de los estudios es un componente importante de un metaanálisis, los estudios de baja calidad pueden conducir a una mala estimación del efecto de la investigación. En principio, existen categorías de evaluaciones de calidad: escalas, listas de verificación simples o listas de verificación con un juicio sumario. Los resultados de la evaluación de la calidad se pueden utilizar de varias formas, como la formación de criterios de inclusión para el metaanálisis que informa un análisis de sensibilidad o meta-regresión.

La escala de Newcastle-Ottawa (NOS) es una herramienta de evaluación de sesgos para estudios observacionales enmendado por la colaboración Cochrane, se han evaluado las características de esta herramienta, como confiabilidad entre evaluadores, que ha sido de rango variable de regular a alto dependiendo de los tipos de observación estudios internacionales evaluados y los evaluadores. Además, la confiabilidad potencialmente limitada entre los estudios incluidos, la falta de Informe de detalles metodológicos en artículos publicados potencialmente puede distorsionar el riesgo de evaluación de sesgo, ya que se mostró para ensayos controlados aleatorios. Por lo tanto, para la evaluación de calidad metodológica de los estudios relevantes se empleó una lista de verificación de Newcastle-Ottawa, en donde se evaluó la calidad metodológica de los estudios relevantes, de acuerdo a las tres categorías: selección, comparabilidad y resultados, es muy importante registrar con todo rigor y detallar las características relevantes de cada estudio que se incluya en el meta-análisis.

3.6. Método de análisis de datos

El análisis de datos se realizó usando el software Review Manager, la versión que se utilizó es la 5.4. Este software estadístico permite que el investigador realice adecuadamente una revisión de búsqueda exhaustiva y sistemática de toda la evidencia disponible, con el fin de desarrollar revisiones sistemáticas y generar Meta-análisis.

Para el meta-análisis se utilizó el gráfico estadístico Forest plot presentados y comparados con la razón de momio (Odds Ratio). Se desarrollaron con intervalos de confianza del 95%, evaluando la heterogeneidad

comprobada por el estadístico I^2 de porcentaje de variabilidad de la relación inversa entre las concentraciones y el porcentaje de remoción de metales pesados de los estudios incluidos.

3.7. Aspectos éticos

El presente proyecto de investigación se realizó siguiendo la guía de productos de investigación-2020 para la correcta estructura y redacción, respetando la resolución del consejo universitario N° 0220-2020/UCV que detalla el código de ética y la resolución del consejo universitario N° 0200-2018/UCV que especifica las líneas de investigación. Además, se utilizaron la normativa ISO-690 y software Turnitin que permitió determinar el porcentaje de incidencia con otras fuentes de consultas. Por otro lado, los instrumentos fueron corroborados y validados por tres docentes expertos del tema de investigación.

IV. RESULTADOS

En la Figura 5. Se muestra el diagrama de flujo del proceso de obtención de los resultados de los estudios de investigación incluidas para la meta-análisis:

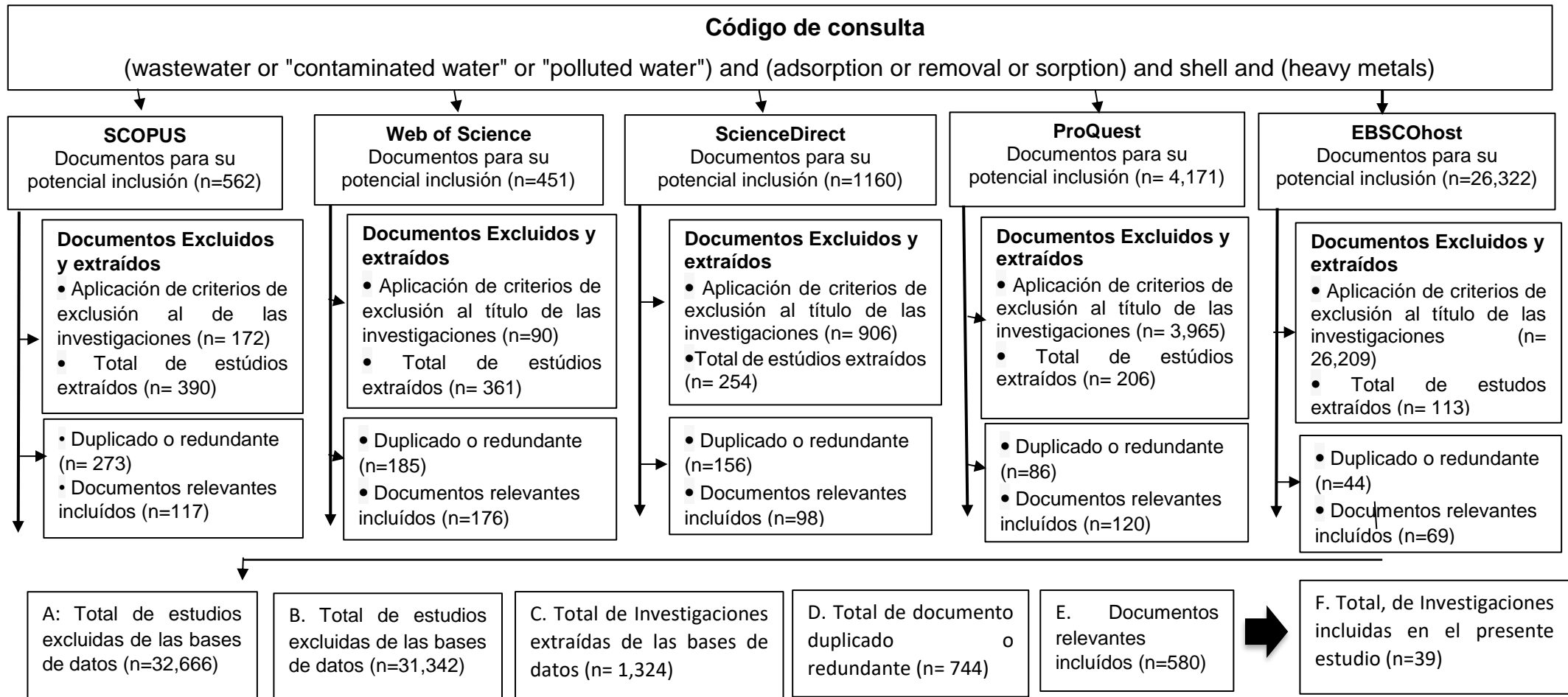


Figura 5. Proceso de selección de investigaciones para el meta-análisis

Descripción de cada fase del proceso de obtención de investigaciones mostrados de forma resumida la búsqueda de estudios indicando la cantidad de investigaciones incluidas y excluidas tras aplicar los criterios de calidad. Todos los documentos posiblemente relevantes se obtuvieron de las diversas fuentes de información confiable, tales como Scopus, Web of science, ScienceDirect, Proquest y EBSCOhost, Se realizó de acuerdo a las estrategias de búsqueda dando un total de 32,666 fueron evaluados de acuerdo a los criterios de inclusión en el título de cada investigación. En relación a la fase B se tuvo un total de 31,342 investigaciones excluidas, las cuales fueron apartadas En la Fase C un total de 1,324 investigaciones fueron extraídas. En la fase D se aplicaron los criterios de exclusión al título y resumen de cada estudio de investigación para identificar los documentos relevantes, excluyendo un total de 744 y en la fase E se identificaron 580 documentos relevantes, en la fase F se aplicó los criterios de inclusión según la escala Newcastle – Ottawa modificada, evaluando el texto completo de todos los estudios localizados, 39 cumplieron con los criterios de inclusión establecidos para proceder con la aplicación del meta-análisis. De los cuales, todos fueron publicados en su totalidad, Todas las investigaciones estaban escritas en inglés, por lo que se tuvo que traducir cada una de ellas para obtener los resultados.

Calidad metodológica de los estudios incluidos

En la Tabla 8. Se realizó una evaluación de calidad metodológica de texto completo de las investigaciones relevantes, para ello utilizó una lista de verificación llamada Newcastle-Ottawa

Tabla 8. Características de los estudios

Estudios	Newcastle-Ottawa modificada						
	Selección		Resultado			Datos específicos	
	Representatividad	Exposición	Periodo de aplicación	Cantidad absorbida	Porcentaje de Remoción	Seguimiento	Toxicidad
Liang et al. 2011	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Kai y Zhu, 2012	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI
Ergüvenerler et al. 2020	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI
Vijayaraghavan y Umid, 2012	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI
Kumar et al. 2019	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI
Kamar et al. 2015	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Cataldo et al. 2017	SI	SI	SI	SI	NO	NO	SI
Isis et al. 2017	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI
Anwar et al. 2010	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI
Akinhanmi et al. 2020	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Yari et al. 2019	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Vázquez et al. 2019	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Chen et al. 2018	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Chen et al. 2020	SI	NO	SI	SI	SI	NO	SI
Penpun et al. 2011	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Ghasemi et al. 2017	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Kamar y Nechifor, 2015	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Yahya et al. 2020	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Wang et al. 2020	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Nejadshafiee y Mohammand, 2019	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI
Senthilkumar et al. 2010	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI
Pehlivan et al. 2012	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Kosasih et al. 2010	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI

Šabanović et al. 2020	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Guo et al. 2011	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Sreenivas et al. 2014	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Qaiser et al. 2010	SI	SI	SI	SI	NO	SI	SI
Lasheen et al. 2011	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI
Owamah, 2013	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI
Naik y Mohan, 2018	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI
Ntuli y Pakade, 2019	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI
Kumar et al. 2019	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
El Nemr et al. 2020	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Kumar y Meikap, 2013	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Fotsing et al. 2020	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Banerjee et al 2017	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Rangabhashiyam y Selvaraju, 2015	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Altun, 2011	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI
Doke y Ejazuddin, 2012	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI

Representatividad: manifiesta si los absorbentes representan eficiencia para las aguas contaminadas con metales pesados generado por las actividades industriales. **Exposición:** evalúa la capacidad de las características fisicoquímicas y condiciones operacionales de los absorbentes (masa, tamaño, tiempo de agitación, pH óptimo, dosis optima, tiempo de contacto y temperatura) fueron definidos, y si el aprovechamiento de las cáscaras naturales era eficiente para reducir la concentración inicial de metales pesado en el agua. **Periodo de aplicación:** señala el tiempo en que los absorbentes consiguen eliminar los metales pesados en el agua. **Cantidad absorbida:** evalúa si el absorbente tuvo la capacidad de disminuir el valor de la concentración inicial de las soluciones acuosas con iones metálicos. **Porcentaje de remoción:** muestra si el absorbente fue eficiente para eliminar o reducir la concentración inicial. **Seguimiento:** indica el seguimiento de las soluciones acuosas en evaluación pre y post. **Toxicidad:** indica si las investigaciones describen la toxicidad de las soluciones acuosa.

Tabla 9. Características de los estudios incluidos en la revisión

N°	Absorbente	Metal	Proceso	Condiciones operacionales	Resultados	Conclusión	Ámbito geográfico	Referencia
1	cáscara de naranja sulfurada	Pb (II)	Adsorción	"pH Temp. (°C), Tiempo"	La cáscara de naranja modificada obtuvo la máxima concentración de 164 mg/L de plomo (II) a pH 5 en un tiempo de contacto de 120 minutos.	La cáscara de naranja se podría emplear como un adsorbente eficaz de bajo costo ya que logran remover el 83% de Pb (II).	China	Liang et al. 2011
2	Cáscara de melón modificada con Ca (OH) ₂	Pb (II)	Absorción	"pH Temp. (°C) Tiempo"	Obtuvieron la máxima capacidad de absorción de 167,8 mg/L en un tiempo de contacto de 120min, dosis de 5.0 g/L y pH óptimo de 4.5.	La cáscara de melón modificada es un absorbente eficaz para eliminar el 100% Pb (II) en solución acuosa.	Berlín	Kai y Zhu, 2012
3	Cáscaras de limón, frijoles y alcachofas	Pb (II)	Absorción	"pH Temp. (°C) Tiempo"	Las cáscaras de limón, frijoles y alcachofa tuvieron de capacidad máxima de absorción de 61.3, 88.5 y 62.81 mg/L respectivamente.	La cáscara de limón frijoles y alcachofas es un potencial absorbente logrando remover el 90, 81 y 90% de Pb (II) respectivamente.	Turquía	Ergüvenerler et al. 2020
4	Cáscara de huevo	Pb (II)	Absorción	"pH Temp. (°C) Tiempo"	La cáscara de huevo obtuvo capacidad de absorción de 577 mg/L a temperatura de ambiente a pH 5 en un tiempo de contacto de 90 minutos.	La cáscara de huevo fue identificada como un potente biosorbente para la eliminación del 99,6% Pb (II).	Singapur	Vijayaraghavan y Umid, 2012
5	Cáscara de limón dulce (<i>Citrus limetta</i>)	Pb (II)	Absorción	"pH Temp. (°C) Tiempo"	Los modelos isotermos de adsorción demostraron la capacidad máxima de 13,51 mg/L.	La cáscara de limón removió el 97.11% demostrando que es un absorbente eficaz para la eliminación de Pb (II).	India	Kumar et al. 2019
6	Cáscaras de avellana NaNO ₃	Cd (II)	Absorción		Las cáscaras de fruto seco demostraron la capacidad	Las cáscaras de avellana y almendra modificadas con NaNO ₃	Alemania	Cataldo et al. 2017

	Cáscaras de avellana NaCl	Pb (II)	Absorción	"pH Temp. (°C) Tiempo	máxima de 8, 2.5, 7 y 3.34 mg/L de Cd (II)	demostró su capacidad de 95.6 - 94% para la eliminación de Cd (II). Asimismo, las cáscaras de avellana y almendra modificadas con NaCl demostraron su capacidad de 83 - 85% para la eliminación de Cd (II)		
	Cáscaras de almendras NaNO ₃							
	Cáscaras de almendras NaCl							
	Cáscaras de avellana NaNO ₃							
	Cáscaras de avellana NaCl							
	Cáscaras de almendras NaNO ₃							
	Cáscaras de almendras NaCl							
7	Cáscara de nuez	Pb (II) Cd (II)	Absorción	"pH Temp. (°C) Tiempo	La eficiencia de las cáscaras de nueces secas se demostró la capacidad de sorción de 6.82 para Pb (II) y 4.35 mg/L para Cd (II) a pH 6, velocidad de agitación 200 rpm, dosis de adsorbente = 0,5 g / 50 mL.	La cáscara de nuez demostró su potencial como adsorbente en la eliminación de Pb (II) y Cd (II) obteniendo 86,16% y 72,35%, respectivamente	Irak	Kamar et al. 2015
8	Cáscara Jatoba (Hymenaea courbaril) modificada con NaOH	Pb (II) Cd (II)	Absorción	"pH Temp. (°C) Tiempo"	Obtuvieron la capacidad de máxima de 48.75 mg/L para plomo (II) y 30,27 mg/L para cadmio (II)	La cáscara de Jatoba es un biosorbente eficaz para la eliminación de Pb (II) y Cu (II) en soluciones acuosas demostrando su eficiencia de 99.5% 99.6%	Brasil	Isis et al. 2017
9	Cáscara de plátano	Pb (II) Cd (II)	Absorción	"pH Temp. (°C) Tiempo"	La cáscara de plátano logró las capacidades de absorción de 4.95mg/L de Pb (II) y 5.71mg/L Cd (II) en pH 5 y tiempo de contacto de 20 min.	El estudio demostró que las cáscaras de plátano, tienen un buen potencial como adsorbente para eliminar plomo y cadmio del agua.89.2% y 85.3%	Pakistan	Anwar et al. 2010

10	Cáscara de naranja	Cd (II)	Absorción	"pH Temp. (°C) Tiempo"	La cáscara de naranja tiene una capacidad de adsorción de 128,23 mg /L obtenida de la isoterma de Langmuir.	La cáscara de naranja fue un absorbente eficaz reduciendo 88,3% de Cd (II)	USA	Akinhanmi et al. 2020
11	Cáscara de almendra	Cd (II)	Absorción	"pH Temp. (°C) Tiempo"	El modelo isotérmico Langmuir logró la capacidad máxima de absorción 121,95 mg/g, demostrando eficiencia para la remoción de Cd.	La cáscara de almendra demostró que es un absorbente eficaz logrando remover el 94%de Cd (II)	Iran	Yari et al. 2019
12	cáscara de castaña NaOH	Cd (II)	Adsorción	"pH Temp. (°C) Tiempo"	La cáscara de castaña es eficiente para la eliminación de cadmio, demostrando su capacidad de absorción fue de 9,9 mg / L.	La cáscara de castaña es un adsorbente eficaz de bajo logrando remover el 98.3% de Pb (II).	España	Vázquez et al. 2019
13	Cáscara de litchi (LP) modificado con HNO 3	Cd (II)	Adsorción	"pH Temp. (°C) Tiempo"	La cáscara de Lichi es eficiente para la remoción de Cd (II) demostrando capacidades máximas de absorción de 230.5 mg/L.	La eficiencia las cáscaras de lichi, modificada con HNO3, demostraron 97% de remoción de cadmio	China	Chen et al., 2018
	Cáscara de naranja (OP) modificado con HNO 3	Cd (II)	Adsorción		La cáscara de naranja logró 170.3 mg/L de capacidades de absorción de Pb (II)	las cáscaras de naranja modificado con HNO3 demostraron 96% de remoción de cadmio		
	Cáscara de granada (PP) modificado con HNO 3	Cd (II)	Adsorción		La cáscara de granada modificada demostrando capacidades máximas de absorción de, 132.5 mg/L para Cd (II)	La eficiencia de la cáscara de, granada modificado con HNO3 demostraron 95 % de remoción de cadmio		
	cáscara de plátano (BP) modificado con HNO 3	Cd (II)	Adsorción		Las cáscaras plátano modificada es eficiente para la remoción de Cd (II) demostrando	La cáscara de plátano modificado con HNO3 demostró 91% de remoción de cadmio		

					capacidades máximas de absorción de 98.4mg/L			
14	Cáscara de Sandía	Cd (II) Cu (II)	Adsorción	"pH Temp. (°C) Tiempo"	La cáscara de sandía mostró una cantidad máxima de adsorción de Cd (II) y Cu (II) con 101 y 139 mg/L respectivamente.	La cáscara de sandía demostró su potencial como adsorbente para la eliminación de Cd (II) y Cu (II) demostrando 89.9 y 86.1% respectivamente	China	Chen et al. 2020
15	Cáscara de pomelo cáscara de pomelo de pectinado	Cu (II)	Adsorción	"pH Temp. (°C) Tiempo"	Las capacidades de adsorción con PP y DPP fueron de 19,7 y 21,1 mg/L en condiciones; pH = 4 y dosis 5mg/L	Demostraron que fue posible la adsorción de Cu (II) utilizando cáscara de pomelo modificada y sin modificar logrando 84 y 83% respectivamente	Tailandia	Penpun et al. 2011
16	Cáscara de maíz modificado con ácido tartico	Cu (II)	Adsorción	"pH Temp. (°C) Tiempo"	El experimento mostró que la capacidad máxima de absorción de la cáscara de maíz fue de 18.5 mg/L.	La cáscara de maíz modificado con ácido tartico demostró que es eficiente para la eliminación de Cu (II) logrando 74%	Irán	Ghasemi et al. 2017
17	Cáscara de nuez	Cu (II)	Adsorción	"pH Temp. (°C) Tiempo"	Obtuvieron de capacidad máxima 4.61 mg/L de Cu (II)	La cáscara de nuez demostró la capacidad de eliminación de Cu (II) logrando 79,54%	Irak	Kamar y Nechifor, 2015
18	Cáscara de almendra cruda	Cu (II)	Adsorción	"pH Temp. (°C) Tiempo"	La cáscara de almendra cruda logró una capacidad máxima de absorción de cobre (II) 2.41mg/L en una concentración inicial de 70mg/L	La cáscara de almendra como absorbente es eficaz para la eliminación de iones de cobre demostrando una eficiencia de 70%	Nigeria	Yahya et al, 2020
19	Cáscara de nuez modificado con pirolusita	Cu (II)	Adsorción	"pH Temp. (°C) Tiempo"	La cáscara de maní cumple las características como absorbente con 34,4 mg/g de capacidad de absorción.	La cáscara de nuez modificada con pirolusita como absorbente para la eliminación de Cu (II) logró remover el 97%.	China	Wang et al. 2020
20	Cáscara de maní modificado con ácido sulfámico	Cu (II)	Adsorción	"pH Temp. (°C) Tiempo"	El experimento cumple su objetivo en ser eficiente para la absorción de 85.9 mg/L de Cu (II) en soluciones acuosas.	La cáscara de maní modificado con ácido sulfámico logró remover el 92%de Cu (II) demostrando su potencial como absorbente	Alemania	Nejadshafiee y Mohammad, 2019
21	Cáscara de nuez	Cu (II)	Adsorción	"pH Temp. (°C) Tiempo"	La capacidad de adsorción de la cáscara de nuez fue de 20 mg/L de iones de cobre (II) a pH 5 y	La cáscara de nuez logró remover el 82.11% de Cu (II) demostrando	India	Senthilkumar et al. 2010

					tiempo de contacto de 30 minutos.	que es un adsorbente eficaz y de bajo costo.		
22	Cáscara de cebada con ácido cítrico	Cu (II)	Adsorción	"pH Temp. (°C) Tiempo"	La cáscara de cebada cumple las características como adsorbente mostrando la capacidad de sorción de equilibrio de cobre (II) fue 31,71 mg /L	La cáscara de cebada con ácido cítrico demostró su potencial como adsorbente logrando remover el 88.1% de cobre.	Turquía	Pehlivan et al. 2012
23	Cáscara de yuca	Cu (II)	Adsorción	"pH Temp. (°C) Tiempo"	La máxima capacidad de adsorción de la cáscara de yuca fue de 41 mg/l.	la cáscara de yuca logró el 99 % de remoción de Cu (II).	Australia	Kosasih et al. 2010
24	Cáscara de limón (<i>Citrus limetta</i>) modificado con HNO ₃ , Na y NaOH	Cu (II)	Adsorción	"pH Temp. (°C) Tiempo"	Las capacidades máximas de adsorción fueron de 19,35 mg/g para el Cu y 22.09 mg/L para Pb fue favorable con condiciones operacionales óptimos dentro de los 60 min a temperatura ambiente	La cáscara de limón modificado con HNO ₃ , Na y NaOH demostró la eliminación de Cd (II) y Pb (II) logrando el 81,73 y 87,84% de eficiencia	Sarajevo	Šabanović et al. 2020
		Pb (II)						
25	Cáscara de naranja modificada con KCl	Pb (II)	Adsorción	"pH Temp. (°C) Tiempo"	El adsorbente demostró las capacidades máximas de sorción de 142 mg/L de Pb (II). 126 mg/L de Cd (II) y 60 mg/L de Cu (II)	La cáscara de naranja modificada con KCl demostró remover el 97, 90 y 99 % respectivamente.	China	Guo, et al. 2011
		Cd (II)						
		Cu (II)						
26	Cáscara de cacahuete	Pb (II)	Adsorción	"pH Temp. (°C) Tiempo"	La capacidad máxima de biosorción de plomo (II) y cromo (VI) fueron de 31.64 y 30.21 mg/L a pH de 5 y 2.	La cáscara de cacahuete se evaluó como posible biosorbente para eliminación de plomo (II) y cromo (VI) demostrando que es un adsorbente eficaz logrando remover el 98 y 96%.	Pakistan	Qaiser et al. 2010
		Cr (VI)						
27	Cáscara de naranja modificado con HNO ₃ y CaCl ₂	Cu (II)	Adsorción	"pH Temp. (°C) Tiempo"	Los iones Cu (II), Cd (II) y Pb (II) en el agua se llegó a examinar el cambio de adsorción con el modelo de isothermas de Langmuir obteniendo la capacidad máxima de 15, 13 y 73 mg/L respectivamente.	La cáscara de naranja modificado con HNO ₃ como biosorbente demostró que tiene un alto potencial en la eliminación de Cu (II), Cd (II) y Pb (II) logrando el 93, 85 y 96% de eficiencia	Egipto	Lasheen et al., 2011
		Cd (II)						
		Pb (II)						

28	Cáscara de yuca	Cu (II)	Adsorción	"pH Temp. (°C) Tiempo"	El modelo de Langmuir mostró que la cáscara de yuca tiene una mayor capacidad de sorción de 6 mg/L de Pb (II) y 8 mg/L para Cu (II).	El carbón activado a partir de cáscaras de yuca demostró ser un buen adsorbente para la eliminación de Cu (II) y Pb (II) en aguas residuales hospitalarias, obteniendo 84 y 82% respectivamente.	Japón	Owamah, 2013
		Pb (II)						
29	Cáscara de calabaza ceniza (<i>Benincasa hispida</i>)	Cr (VI)	Adsorción	"pH Temp. (°C) Tiempo"	Obtuvieron la capacidad máxima de 350 mg/L de Cr (VI) demostrando que la cáscara de calabaza es eficaz.	La cáscara de calabaza es eficaz para la eliminación de cromo (VI) en agua contaminadas logrando un 99.6% de eficiencia.	China	Sreenivas et al. 2014
30	Cáscara de naranja	Cr (VI)	Adsorción	"pH Temp. (°C) Tiempo"	La eficiencia de la capacidad máxima de absorción para Cr (VI) utilizando cáscara naranja fue de 73.1 mg/g ,.	La cáscara de naranja como un bioadsorbente demostró su eficiencia de 96.4% para la remoción de cromo de soluciones acuosas.	India	Naik y Mohan, 2018
31	Cáscara de nuez modificado con HCl y C ₃ H ₄ O ₂	Cr (VI)	Adsorción	"pH Temp. (°C) Tiempo"	La cáscara de nuez modificada mostró la capacidad de sorción de 39.21mg/L en una concentración inicial de 25mg/L.	La cáscara de nuez modificado con HCl y C ₃ H ₄ O ₂ tienen potencial como adsorbente demostrando 95.48% de eficiencia	Sudáfrica	Ntuli y Pakade, 2019
32	Cáscara de abrojo	Cr (VI)	Adsorción	"pH Temp. (°C) Tiempo"	El estudio de investigación mostró la capacidad máxima de 98,04 mg/L para Cr (VI) utilizando la cáscara de abrojo.	El estudio demostró que las cáscaras de abrojo demuestran un gran potencial para la remoción de Cr (VI) obteniendo un 99.8%	India	kumar y Narayan et al. 2019
33	Cáscara de naranja (OP) modificado con ZnCl ₂	Cr (VI)	Adsorción	"pH Temp. (°C) Tiempo"	El adsorbente logró reducir con una concentración máxima de 133.3 mg/L	El tratamiento empleado de cáscara de naranja y carbón activado logró un 99.12% de remoción.	Alemania	El Nemr et al. 2020
34	Cáscara de coco modificado con (H ₃ PO ₄)	Cr (VI)	Adsorción	"pH Temp. (°C) Tiempo"	Las capacidades de adsorción fueron de 22.96mg/L en un tiempo de contacto de 30 min.	la cáscara de coco verde es un adsorbente eficaz y de bajo costo para la eliminación de Cr (VI) de aguas residuales demostrando un 90% de eficiencia	África	Kumar y Meikap, 2013

35	Cáscara de cacao APTES-HCl	Cr (VI)	Adsorción	"pH Temp. (°C) Tiempo"	La eficiencia máxima capacidad fue de 53.16 mg/L para el cromo en una concentración inicial de 50 mg/L de los iones.	La cáscara de cacao modificada con APTES-HCl obtuvo el 79,8% de eficiencia demostrando que se puede utilizar como una alternativa eficiente y de bajo costo para eliminar los iones de cromo de las aguas residuales	Francia	Fotsing et al. 2020
36	cáscara de maní	Cr (VI)	Adsorción	"pH Temp. (°C) Tiempo"	La capacidad de adsorción de los adsorbentes se incrementó 23.97 y 15.27mg/l para Cr (VI)	La cáscara de almendra obtuvo una mejor absorción de 98% en comparación con la cáscara de maní que logró remover el 99% de Cr (VI).	India	Banerje et al. 2017
	cáscara de almendra							
37	cáscara de Swietenia mahagoni	Cr (VI)	Adsorción	"pH Temp. (°C) Tiempo"	Las capacidades de adsorción de la cáscara de Swietenia mahagoni, cáscara de Swietenia mahagoni con ácido sulfúrico y cáscara de Swietenia mahagoni con ácido ortofosfórico fueron de 37.07, 47.61 y 58.82 mg/L respectivamente.	Las cáscaras de Swietenia mahagoni modificada con ácido sulfúrico y ácido ortofosfórico y sin modificar se pueden utilizar como adsorbentes eficaces para la eliminación de cromo hexavalente en un sistema acuoso logrando remover el 76.5, 89 y 94% respectivamente.	India	Rangabhashiyam y Selvaraju, 2015
	cáscara de Swietenia mahagoni con ácido sulfúrico							
	cáscara de Swietenia mahagoni con ácido ortofosfórico							
38	Cáscara de nuez modificado con HNO ³ y NaOH	Cr (VI)	Adsorción	"pH Temp. (°C) Tiempo"	Los grupos funcionales de WNS aumentaron después de que se modificó mostrando una capacidad máxima de 55 mg/L	La cáscara de nuez modificada removió el 90% de Cr (VI) de aguas contaminadas.	Turquía	Altun, 2011
39	Cáscara de manzana modificado con H ₂ SO ₄	Cr (VI)	Adsorción	"pH Temp. (°C) Tiempo"	La adsorción máxima del Cr (VI) de la cáscara de manzana fue de 151 mg/L.	La remoción de Cr (VI) fue mayor del 95% demostrando que la cáscara de manzana modificada es un absorbente eficaz.	India	Doke y Ejazuddin, 2012

En la Tabla 9, se observó las características de las investigaciones incluidas en la remoción de plomo (II), cadmio (II), cobre (II) y cromo (VI), en las cuales ocho investigaciones trabajaron removiendo diferentes metales y cuatro utilizaron más de dos absorbentes para la remoción de metales pesados, los absorbentes que se utilizaron con más frecuencia fueron de cáscaras de cítricos y frutos secos, la mayoría de investigaciones incluidas no hicieron mención de los análisis fisicoquímicos del agua contaminada y los análisis estadísticos aplicados durante su investigación.

Los autores manifestaron que las cáscaras logran una remoción de metales pesados que oscilan entre el 70 al 100%, con una media de eficiencia del 80%. En base a las condiciones operacionales, utilizadas para la adsorción, pH, temperatura, concentración de adsorbente, tiempo de contacto y velocidad de agitación, tamaño de partícula del adsorbente, las 39 investigaciones incluidas presentaron valores de pH, temperatura y tiempo para la aplicación, fueron desarrolladas diferentes países

Tabla 10. Características fisicoquímicas del absorbente

°N	Absorbentes	Características físicas			Características químicas	Referencia
		Masa (g)	Tamaño (mm)	Tiempo de agitación (rpm)		
1	cáscara de naranja sulfurada	30	0,45	120	FTIR	Liang et al. 2011
2	Cáscara de melón con Ca (OH) ₂	1	2	150	SEM- FTIR	Kai y Zhu, 2012
3	Cáscaras de limón, frijoles y alcachofas	0.5	0.063	160	SEM, EDX. FTIR	Ergüvenerler et al. 2020
4	Cáscara de huevo	0.2	-	200	SEM, EDX	Vijayaraghavan y Umid, 2012
5	Cáscara de limón dulce (<i>Citrus limetta</i>)	0,1	0.5	120	SEM-EDX, XRD, BET Y FTIR	Kumar et al. 2019
6	Cáscara de nuez	1	1	200	FTIR	Kamar et al. 2015
7	cáscaras de avellana y almendras	0.1	0.2	180	TGA-DSC, FT-IR y SEM-EDX	Cataldo et al. 2017
8	Cáscara de Jatoba modf con NaOH Y HCL (<i>Hymenaea courbaril</i>)	0.125	0.25	180	SEM, FTIR- RMN	Isis et al. 2017
9	Cáscara de plátano	2,0	125	100	-	Anwar et al. 2010
		1,5	125	100		
10	Cáscara de naranja	0,010	0.5	100	SEM, XRD Y FTIR	Akinhanmi et al. 2020
11	Cáscara de almendra	125	0.02	160	FTIR Y SEM	Yari et al. 2019
12	cáscara de castaña con NaOH	1	0,45	90	FTIR, SEM, ZETA, EDX, VPSE y BSE	Vázquez et al. 2019
13	Cáscaras de litchi, naranja, granada, plátano	0,1	0.149	200	SEM, FT-IR, ZETA y BET	Chen et al. 2018
14	Cáscara de Sandía	0.04	0.00022	200	FTIR, SEM Y XRD	Chen et al. 2020
15	Cáscara de pomelo y pomelo depectinado	0,5	0,42	150	FTIR.	Penpun et al. 2011
16	Cáscara de maíz con ácido tartico	5	0.00035	120	-	Ghasemi et al. 2017
17	Cáscara de nuez	1	1	200	FTIR	Kamar y Nechifor, 2015
18	Cáscara de almendra cruda	16.1	0.00035	-	SEM Y FTIR	Yahya et al. 2020
19	Cáscara de nuez con pirolusita	-	0.074	150	SEM, BET Y FTIR	Wang et al. 2020

20	Cáscara de maní modificado con ácido sulfámico	1	0.0002	280	TEM-FTIR-SEM	Nejadshafiee y Mohammand, 2019
21	Cáscara de nuez	0.3	0.074	120	FTIR	Senthilkumar et al. 2010
22	cáscara de cebada con ácido cítrico	1	0.10	-	-	Pehlivan et al. 2012
23	Cáscara de yuca	12	37	200	SEM, BET Y FTIR	Kosasih et al. 2010
24	Cáscara de limón con HNO ₃ , Na y NaOH (<i>Citrus limetta</i>)	0.3	0.25	250	FTIR Y SEM	Šabanović et al. 2020
25	Cáscara de naranja	0.5	0.0475	120	-	Guo et al. 2011
26	Cáscara de cacahuete	0.5	0.25	200	FTIR	Qaiser et al. 2010
27	Cáscara de naranja modificado con HNO ₃	0.5	0.2	200	FTIR y DKR	Lasheen et al. 2011
28	Cáscara de yuca	5	0.5	120	-	Owamah, 2013
29	Cáscara de calabaza ceniza (<i>Benincasa hispida</i>)	0.6	446	180	SEM-EDAX BET y FTIR	Sreenivas et al. 2014
30	Cáscara de naranja	100	0.10	300	FTIR, BET y SEM	Naik y Mohan, 2018
31	Cáscara de nuez con HCl y C ₃ H ₄ O ₂	0.3	50	5000	FTIR Y SEM	Ntuli y Pakade, 2019
32	Cáscara de abrojo	48	0.15	100	BET, FTIR Y EDX	Kumar y Narayan, 2019
33	Cáscara de naranja con ZnCl ₂	0,1	0.10	200	FTIR, BET, TGA, TEM, SEM Y EDAX	El Nemr et al. 2020
34	Cáscara de coco con (H ₃ PO ₄)	5	5	200	XRF, XRD, SEM, EDS	Kumar y Meikap, 2013
35	Cáscara de cacao APTES-HCl	0,2	0.16	300	SEM- EDS- FTIR	Fotsing et al. 2020
36	cáscara de maní	0.10	0.25	100	FTIR, BEM Y SEM	Ghasemi et al. 2017
	cáscara de almendra		0.35			
37	cáscara de Swietenia mahagoni	0.20	0.250	120	FTIR- EDS-TGA	Rangabhashiyam y Selvaraju, 2015
	cáscara de Swietenia mahagoni con ácido sulfúrico					
	cáscara de Swietenia mahagoni con ácido ortofosfórico					
38	Cáscara de nuez modificado con HNO ₃ y NaOH	0.0025	0.45	-	BET	Altun, 2011
39	Cáscara de manzana modificado con H ₂ SO ₄	0.05	0.54	-	FTIR	DOKE y Ejazuddin, 2012

En la Tabla 10, se identificaron la característica física del absorbente como: masa (g), tamaño (mm) y tiempo de agitación (rpm) como importantes factores que afectan la eficiencia de la adsorción.

Según Trelles (2013) menciona que el tamaño de partículas reducido es favorable debido a que incrementa el área superficial del bioadsorbente. En las investigaciones incluidas para el tratamiento de Pb (II) utilizaron rango de 0.047 a 37 mm para Cd (II) fue de 0.00022 a 125 mm, para Cu (II) fue de 0.2 a 1mm y para Cr (VI) fue de 0.10 a 446 mm. Asimismo la velocidad de agitación (rpm), según Herrera et al. (2011) menciona que, al aumentar la tasa de eliminación de contaminantes de adsorción minimiza la masa resistente de transferencia, cabe resaltar que puede dañar la estructura física del bioadsorbente.

Caracterización química de los adsorbentes los autores de las investigaciones incluidas, identificaron realizando un análisis elemental de la biomasa e identificando los grupos funcionales, responsables de la adsorción, se evaluaron las muestras antes y después del tratamiento de eliminación, mediante el método de espectroscopía Infrarroja por Transformada de Fourier (FTIR), La microscopía electrónica de barrido, SEM, espectro de rayos X con energía dispersiva (EDAX), Fluorescencia de rayos X (XRF), Difracción de rayos X (XRD), Brunauer-Emmett-Telle (BET), analizador termogravimétrico (TGA) y Microscopio electrónico de transmisión (TEM)

Tabla 11. Condiciones operacionales de los absorbentes

N°	Absorbente	Dosis óptima (g/L)	pH óptimo	Temperatura °C	Tiempo de contacto (min)	Observación
1	cáscara de naranja sulfurada	5	5	25	120	La capacidad del absorbente fue mejorada en un rango de pH 5,0-6,0 alcanzando 83%
2	Cáscara de melón modificada con Ca (OH) ₂	0.5	4,5	25	120	La capacidad alcanzó un 53% a pH 1,5 obtuvo 92% a a pH e 2 obtuvo 99% a pH e 3,7; obtuvo 100% mejorará su rendimiento superior a pH 4
3	Cáscaras de limón	0.5	4.5	20	60	El efecto del pH sobre la adsorción de iones de plomo (II) fue estudiado en un rango de pH de 3,0 a 11,0.
	Cáscaras de frijoles				10	
	Cáscaras de alcachofas				10	
4	Cáscara de huevo	100	5	25	90	Los experimentos realizaron variando el pH de la solución en el rango de 2 a 5 a una concentración inicial fija de Pb (II) de 1045 mg/L
5	Cáscara de limón dulce (<i>Citrus limetta</i>)	3,5	5	55	160	La tasa de eliminación se incrementó de 91 a 97,42% al aumentar el pH de 2 a 5.
6	Cáscara de nuez	0.5	6	25	150	El estudio trabajo en un tiempo de contacto de (10-180) min, dosis (0,125-1) g y diámetro de partículas (0,5-3) mm.
7	cáscaras de avellana y almendras	5	5	40	360	Los experimentos fueron realizados en los mismos rangos de condiciones operacionales
		5	5	60	360	
8	Cáscara de Jatoba con NAOH Y HCL (<i>Hymenaea courbaril</i>)	5	5.5	25	120	Los estudios cinéticos de biosorción fueron llevados a cabo pH a 5.50 y 4.00 para Pb (II) y Cd (II), respectivamente.
		5	4	25	12	
9	Cáscara de plátano	30	5	25	20	El efecto del pH fue estudiado en un rango de 1 a 9 para encontrar su capacidad máxima de adsorción de cadmio.
		40	5	25	20	
10	Cáscara de naranja	0.04	5.5	45	120	El estudio trabajo en un pH de 2 a 5,5 aumentando 24,62 a 44,42% considerando la adsorción con mayor eficiencia fue de pH a 5.

11	Cáscara de almendra	0.1	7.5	25	120	Los efectos de pH (6, 6.5, 7, 7.5 y 8) fueron usando con NaOH 0,1 M o HCl 0,1 M para el ajuste del pH óptimo.
12	cáscara de castaña NaOH	1	5	25	360	Estudiaron el efecto del pH en rango de 1 a 7.5, a medida que aumentaba el pH, favoreció la eliminación de cadmio (II).
13	Cáscaras de litchi, naranja, granada, plátano	48	5	25	120	El efecto del pH sobre la adsorción de Cd (II) por LP, OP, PP y BP fueron eficientes a pH de 5 para los cuatros absorbentes.
14	Cáscara de Sandía	0.4	6,0	25	60	El estudio se ajustó a pH 2, 3, 4, 5 y 6 usando NaOH 0,1 M y HNO 3 soluciones. Los experimentos fueron realizados por triplicado hasta encontrar el pH óptimo.
15	Cáscara de pomelo y cáscara de pomelo de pectinado	5	4	25	60	La adsorción de Cu ²⁺ fue estudiado por la realización de diferentes conjuntos de experimentos, 0,5 g de PP o DPP se equilibraron en condiciones óptimas, pH 4.
16	Cáscara de maíz modificado con ácido tartico (TA)	0.5	6	25	90	Los experimentos se realizaron en rango de pH de 2 a 6, ya que Cu (II) comenzaron a precipitar como Cu (OH) 2 en soluciones más alcalinas.
17	Cáscara de nuez	0.5	6	25	150	Los experimentos se llevaron a cabo en varios valores de pH de (3 a 8) con diferente concentración inicial para iones Cu (II) de (10 a 100 mg/L).
18	Cáscara de almendra	0.7	7	25	2640	El estudio menciona que, a menor valor de pH, la fase inicial del proceso de adsorción es eficaz para sorción de iones Cr.
19	Cáscara de nuez modificado con pirolusita	6	5	25	60	Se llevó a cabo el experimento de rendimiento de adsorción de Cu (II) dentro del rango de pH de 2 ~ 6. 6 en una serie de soluciones de cobre (50 mg/L y 200 mg/L, respectivamente).
20	Cáscara de maní modificado con ácido sulfámico	0.60	6.5	25	180	El pH fue trabajado en rango de 2 a 7 hasta encontrar el pH óptimo.
21	Cáscara de nuez	3	5	30	30	El estudio trabajó a pH 2.0 a 5.0 mostró una tendencia descendente desde el pH 6.0, se encontró que la adsorción máxima fue del 82,11%.
22	cáscara de cebada con ácido cítrico (CA – BS)	1	7	20	120	El porcentaje de eliminación de Cu ₂ aumentó de 12,4% a 88,1% con un aumento de pH de 2.12 a 7.01.
23	Cáscara de yuca	0,25	4.5	60	250	El efecto del pH se estudió en un rango de 1.0 a 4.5, el pH óptimo fue de 4.5 demostrando la capacidad máxima del absorbente.

24	Cáscara de limón (Citrus limetta) modificado con HNO ₃ , Na y NaOH	0.3	5	25	60	La eficiencia fue investigada variando el pH de solución de 3 a 5 para la eliminación de Cu y Pb.
25	Cáscara de naranja KCL	5	6.5	25	120	Los iones metálicos adsorbidos fueron crecientes con el aumento del pH, para la adsorción de 90-100% en condiciones débilmente ácidas.
26	Cáscara de cacahuate	0.5	5	20	60	La máxima eliminación de cromo (VI) fue logrado a pH 2± 0.1, donde el plomo (II) tiene un pH óptimo de 5 ± 0.1.
		0.5	2	40	60	
27	Cáscara de naranja modificado con HNO ₃	0.5	5	25	30	La dosis de sorbente fue variado de 0,1 a 1,00 g utilizando un volumen de 25 mL de 20 mg / L de solución de metal en el equilibrio tiempo para cada metal.
		0.8	5	25	30	
		0.1	5	25	30	
28	Cáscara de yuca	10	8	40	120	Los procesos fueron realizados en rango de pH 2, 4, 6, 8, 10, 12) y temperatura cambiante (temperatura de 15, 25, 30 y 45 ° C) sobre la sorción de iones Pb (II) y Cu (II)
29	Cáscara de calabaza ceniza (<i>Benincasa hispida</i>)	6	1	30	130	El efecto del pH aumenta la superficie del bioabsorbente se convierte en carga negativa, por lo que causa una disminución de la adsorción
30	Cáscara de naranja	5.0	3.5	30	120	El efecto del tiempo de contacto entre el adsorbente y concentración inicial de iones metálicos en la adsorción por lotes fue de 100 mg / L de Cr (VI) a 30 ° C y p H 3.5
31	Cáscara de nuez modificado con HCl y C ₃ H ₄ O ₂	7,5	2	40	180	El porcentaje de eliminación de cromo (VI) fue máxima a pH de 2 a pH 5, La concentración de equilibrio de Cr total aumentó de 38 mg / L a pH 2 a 100 mg / l a pH 5.
32	Cáscara de abrojo	1	2.0	28	60	El efecto del pH sobre la adsorción de iones de cromo hexavalente fue estudiado en un rango de pH de 2,0 a 11,0 en concentración inicial de 100 mg/L.
33	Cáscara de naranja (OP) modificado con ZnCl ₂	1,0	6	700	100	La adsorción fue empleada en diferentes valores de pH (1.0–6.0) para el estudio de absorción.

34	Cáscara de coco modificado con (H ₃ PO ₄)	5	6.5	30	35	Los experimentos se realizaron en diferentes temperaturas de 5, 15, 25, 40, 60 y 85°C a dosis constantes de adsorbente de 5 g/l y pH constante de 6.5.
35	Cáscara de cacao APTES-HCl	0,2	4.5	20	240	Los efectos de diferentes parámetros (tiempo de contacto, pH, concentración inicial), fueron examinados, obteniendo a T = 20 ° C y pH 4.5.
36	Cáscara de maní	10	2.0	25	22	La máxima adsorción se observó a pH 2,0 en mostrar la capacidad máxima de absorción.
37	Cáscara de Swietenia mahagoni	20	2	30	120	Las concentraciones requeridas de las soluciones estándar, optaron por ajustar el pH utilizando NaOH 0,1 M y HCl 0,1 M.
38	Cáscara de nuez modificado con HNO ₃ y NaOH	51	2	25	120	El aumento en el pH de todas las soluciones desde el valor inicial, tuvo lugar en todas las muestras en rango de 1 a 5.
39	Cáscara de manzana modificado con H ₂ SO ₄	1.25	1.8	27	80	Llevaron a cabo el efecto del pH de la cáscara de manzana para la adsorción de Cr (VI) aumentó del 40% a más de 95% con una disminución del pH de 7 a 1.

En la Tabla 11, se identificaron las condiciones operacionales de los treinta y nueve artículos seleccionados como: dosis, pH, temperatura, tiempo de contacto. Estos factores pueden afectar el rendimiento de los adsorbentes en el proceso de remoción de metales pesados, cabe destacar que la eficiencia del tratamiento depende de los parámetros utilizados para lograr altos porcentajes de remoción. El proceso de adsorción fue identificado en diferentes rangos de pH de 2 a 7, temperaturas entre 20°C a 55°C y el tiempo de contacto fue identificado con distintos valores hasta encontrar la máxima capacidad de absorción.

El pH es un factor importante en el proceso de remoción dado que influye en el porcentaje de remoción del metal. El rango de pH varía entre 4 a 6 para Pb (II), 4 a 7.5 para Cd (II), 4 a 7 para Cu (II) y 1 a 6.5 para Cr (VI) para alcanzar la máxima remoción de los metales pesados. La máxima remoción de Pb (II) alcanzó un 100% a pH 4.5 (KAI Y ZHU, 2012). Para Cd (II) alcanzó la máxima remoción de 99.6% a pH 4 (ISIS et al., 2017). Para Cu (II) la máxima remoción alcanzó de 97% a pH 6.5 (GUO et al, 2011). Para Cr (VI) la máxima remoción fue 99.8 % a pH 2 (KUMAR Y NARAYAN, 2019). Esto pone en evidencia que a medida que el pH de la solución aumenta, la eliminación biosortiva de los metales aumenta su potencialidad, en algunos casos, un pH más alto causará precipitación de metales catiónicos, haciendo que las condiciones sean neutras.

La temperatura es un componente importante para el tratamiento de los metales pesados pues al no trabajarse en condiciones óptimas afectaría en la eficiencia. De acuerdo a ello entre las investigaciones incluidas la mayoría de estudios que remueve Pb (II) Cd (II) y Cu (II) trabajaron a temperatura de ambiente para lograr óptimos resultados con el caso de KAI Y ZHU, 2012 realizó una investigación utilizando cáscara de melón modificada obtuvo una eficiencia de 100% a temperatura de ambiente. Esto demuestra que para lograr un rendimiento máximo debe trabajarse en condiciones óptimas de 25°C y para Cr (VI) trabajaron en un rango de 20 a 60 °C como es el caso de EL NEMR et al. 2020 alcanzó una eficiencia de 99.12% a temperatura de 40 °C esto evidencia que al aumentar la temperatura mejora la actividad y la energía cinética del adsorbente para la eliminación del contaminante.

El tiempo de contacto es un factor necesario para que la adsorción llegue a un equilibrio, las investigaciones incluidas lograron un porcentaje máximo 90% y 89% en un tiempo mínimo de 10 minutos removiendo Pb (II) utilizando cáscara de alcachofa y frijoles respectivamente (ERGUVENE et al. 2020) y el máximo fue de 2640 minutos removiendo 70% de Cu (II) utilizando cáscara de almendra cruda (YAHYA et al. 2020). Esto demuestra que las cáscaras naturales logran altos porcentajes de remoción en un tiempo inferior, cabe destacar que sus resultados están asociados a las condiciones operacionales

Tabla 12. Características fisicoquímicas de la muestra de agua contaminada

N°	Autor	Procedencia de la muestra	Concentración inicial (mg/L)	Parámetros		Observaciones
				Temperatura a C°	pH	
1	Liang et al. 2011	Agua residual	100	30	2,0	Los productos químicos fueron de grado analítico puro, se prepararon soluciones de metales pesados disolviendo Pb (NO ₃) ₂ 7H ₂ O en agua destilada respectivamente y luego diluido a concentraciones deseadas.
2	Kai y Zhu, 2012	aguas residuales - sintética	90.8	25	-	Prepararon una solución madre estándar de 1000 mg/L de iones de plomo ajustaron el pH de la solución de trabajo con 0,1 M HNO ₃ y NaOH 0,1 M.
3	Ergüvenerler et al. 2020	aguas residuales	20	20	-	Las mediciones de concentración de plomo fueron realizadas utilizando Espectrofotómetro de absorción atómica Varian 220 FS(AAS).
4	Vijayaraghavan y Umid, 2012	aguas residuales sintéticas	1045	25	2	Prepararon una solución madre de Pb (II) de 5000 mg/L a partir de nitrato de plomo de grado analítico (Sigma-Aldrich) usando agua desionizada agua.
			1045	25	5	
5	Kumar et al. 2019	agua residual	20	30	5.5	El agua residual fue recolectada en parámetros de pH 5.5 - 9, DBO 100, TDS 2100 y TSS 200.
			20	30	9	
6	Kamar et al. 2015	aguas residuales-sintética	50	25	-	La solución madre de iones Pb (II) y Cd (II) fue preparada en concentraciones de (100 mg/L) para cada ion disolviendo la cantidad calculada de (CH ₃ COO) ₂ Pb.
			50	25	-	
			20	25	-	
7	Cataldo et al. 2017	aguas residuales-sintética	30	-	-	Prepararon las soluciones de iones Cd (II) y Pb (II) pesando Cd (NO ₃) ₂ 4H ₂ O y el Pb (NO ₃) ₂ .
8	Isis et al. 2017	aguas residuales sintéticas	500	25	-	Los estudios de biosorción fueron utilizados en soluciones de iones metálicos, preparados a partir de sus sales correspondientes: nitrato de plomo (Pb (NO ₃) ₂ , Merck) y nitrato de cadmio (Cd (NO ₃) ₂ , Merck).
9	Anwar et al. 2010	aguas residuales sintéticas	50	25	-	Prepararon soluciones madre de plomo y cadmio (1000 μ mg/L) disueltos por separado con la cantidad apropiada de analítico.

10	Akinhanmi et al. 2020	Agua sintética	240	25	4.5	Realizaron una solución de 1000 mg/L de ión Cd (II) pesando 0,4400 g de CdCl ₂ .2H ₂ O. Las concentraciones de iones de cadmio (50-300 mg/L) a partir de las existencias en 250 ml de solución estándar.
11	Yari et al. 2019	Agua sintética	200	25	7	Prepararon una solución madre de 1.000mg/l de Cd con agua destilada para una concentración inicial de 50 a 200mg/l.
12	Vázquez et al. 2019	Agua sintética	100	25	-	Prepararon soluciones acuosas de cadmio comparado con reactivo ACS grado Cd (NO ₃) ²
13	Chen, et al. 2018	Agua sintética	300	25	5	Prepararon una solución madre de Cd (II) ajustados a pH 5,0 para obtener una serie de soluciones de trabajo con diferentes concentraciones (25 mg / L – 1000 mg / L).
14	Chen et al. 2020	Agua sintética	100	25	5	El agua sintética fue elaborada con una solución madre de Cu ₂ + y Cd ₂ + fue preparado por Cu (NO ₃) ² y Cd (NO ₃) ² con agua desionizada que contenían la concentración de gradiente para cada ion metálico que oscilan entre 80 y 1000 mg/L.
15	Penpun et al. 2011	aguas residuales sintéticas	125	25	3	Prepararon Cu ²⁺ a pH 3, 4, 5 y 6 analizaron la concentración de Cu ²⁺ por absorción atómica espectrofotómetro.
			125	25	6	
16	Ghasemi et al. 2017	Agua sintética	150	25	-	Las soluciones madre de Cu (II) fueron preparadas disolviendo CuSO ₄ · 5H ₂ O en disolución agua labrada. El pH fue ajustado con HCl 0,1 M y NaOH 0,1 M.
17	Kamar y Nechifor, 2015	aguas residuales - sintética	50	25	-	El sulfato de cobre hexahidratado (CuSO ₄ · 6H ₂ O), (Pm =249,68) g / mol (REACTIVUL Company, Bucarest, Rumanía) fue utilizado para preparar una solución del agua residual en concentración de (100) mg/L de iones Cu (II).
18	Yahya et al. 2020	Agua residual	7.0	25	3,7	El agua residual pasó a través del lecho en el flujo descendente a modo de velocidades de flujo variables en el rango de 3 a 9 ml/min.
19	Wang et al. 2020	Agua sintética	2200	25	5.5	El agua sintética fue preparada disolviendo de Cu (NO ₃) ₂ · 3H ₂ O en agua desionizada. El valor de pH original de la solución de Cu (II) fue alrededor de 5,5 con concentración de 50 a 200 mg/g.
20	Nejadshafiee y Mohammand, 2019	Agua sintética	60	25	6	Los experimentos se llevaron a cabo con diferentes concentraciones de ion Cu (II) (30 a 200 mg L ⁻¹) utilizando una dilución de la solución de Cu (II) (1000 mg

						L- 1) fueron preparado disolviendo la cantidad requerida de Cu (OAC) 2H ₂ O en agua desionizada.
21	Senthilkumar et al. 2010	Agua sintética	50	25	-	Prepararon iones de cobre (II) utilizando diluciones apropiadas de solución madre, el rango de concentraciones fue preparado a partir de la solución estándar que varió entre 10 y 50 mg/L antes de mezclar el adsorbente, se ajustó el pH de cada solución de prueba al valor requerido con 0.1 M NaOH y 0.1 M HCl
22	Pehlivan et al. 2012	Agua sintética	50	25	-	Utilizaron solución madre de Cu ₂ preparado en solución de nitrato de cobre, Cu (NO ₃) ₂ de grado analítico.
23	Kosasih, et al. 2010	Agua sintética	200	25	5	La solución de Cu (II) fue preparó diluyendo 0,3930 g de CuSO ₄ ·5H ₂ O en 500 mL de agua destilada desionizada (DDW)
24	Šabanović et al. 2020	Agua sintética	350	25	3	Los productos químicos tuvieron de solución estándar madre de Cd, Cr y Cu, preparado con Pb (5000 mg/L-1 de cada ion) pesando (equilibrio de Metler Tolleo, ± 0,1 mg) y disolviendo masa adquirida de Cd (NO ₃) ₂ ·4H ₂ O, Co (NO ₃) ₂ .
25	Guo et al. 2011	Agua sintética	50, 50, 100	25	6	Todos los productos químicos utilizados en este estudio fueron de puro grado analítico. Las soluciones fueron de stock de singles preparados de metales pesados disolviendo CuCl ₂ · 2H ₂ O, Cd Cl ₂ y Pb (NO ₃) ₂ en agua destilada.
26	Qaiser et al. 2010	Agua sintética	100	25	-	Las disoluciones de cromo fueron preparadas usando K ₂ Cr ₂ O ₇ , con una disolución patrón (1000 mg/L) mediante la adición de 2,83 mg K ₂ Cr ₂ O ₇ en un litro de agua destilada y desionizada
27	Lasheen et al. 2011	Agua sintética	100	25	-	Las aguas residuales sintéticas, fueron preparadas en soluciones diluyendo el estándar de reserva en concentración de 1000 mg/L de cada metal utilizando agua desionizada.
28	Owamah, 2013	Agua residual	100	32	-	Las aguas residuales fueron analizadas por separado para Cu (II) y Pb (II) utilizando un sistema de absorción atómica, espectrómetro con llama de acetileno a 2600 °C.

29	Sreenivas et al. 2014	Agua sintética	100	25	-	La solución madre de Cr (VI) fue preparada mediante la disolución requerida de cantidad de dicromato de potasio de grado analítico ($K_2Cr_2O_7$) en agua desionizada.
30	Naik y Mohan, 2018	Agua sintética	100	25	6	La solución madre de iones de cromo-metal (fue de 1000 mg/L) fue preparada con disolventes en cantidad de $K_2Cr_2O_7$ en agua desionizada.
31	Ntuli y Pakade, 2019	Agua sintética	300	25	6	Prepararon una solución madre de cromo (VI), con una cantidad de dicromato de potasio pre secado ($K_2Cr_2O_7$) se disolvió en 1000 ml de líquido ultrapuro para la disolución de cantidades adecuadas de cada sal de iones metálicos en 1000 ml de agua ultrapura.
32	Kumar y Narayan, 2019	Agua sintética	100	25	8	Utilizaron $K_2Cr_2O_7$ para preparar la solución madre de biosorbato utilizando soluciones de cromo hexavalentes para ajustar el valor de pH de las soluciones.
33	Kumar y Meikap, 2013	aguas residuales sintéticas	200	25	-	La solución madre de $K_2Cr_2O_7$ fue preparada mezclando 2.8289g con 1,000ml de agua destilada.
34	El Nemr et al. 2020	Agua sintética	10	25	1	Las aguas residuales artificiales fueron preparadas con una solución madre de 1000mg/L disolviendo 2.83g de dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$) en 400 mL y completado a 1000mL con agua destilada y con curva estándar de concentración de cromo hexavalente de 10 a 150 mg/L.
			10	25	6	
35	Fotsing et al. 2020	Agua sintética	50	25	-	Prepararon dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$, 99%), ácido sulfúrico (95%), etanol absoluto (EtOH, 99%), 1,5-difenilcarbazida (C 13 H 14 N 4 O, 98%)
36	Ghasemi et al. 2017	Agua sintética	25	-	-	La solución madre fue de 1000 mg L preparada a partir de dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$) usando agua destilada y luego diluyeron para obtener la concentración requerida.
37	Rangabhashiyam y Selvaraju, 2015	Agua sintética	100	25	-	La solución madre de Cr (VI) fue preparada en una concentración de 1000 mg/L de dicromato de potasio $K_2Cr_2O_7$ en agua destilada, obtuvieron las concentraciones requeridas de las soluciones estándar, diluyendo la solución madre.
38	Altun, 2011	Agua sintética	100	25	-	Fue preparada a partir de una solución madre de Cr (VI) de potasio de dicromato ($K_2Cr_2O_7$).
39	DOKE y Ejazuddin, 2012	Agua sintética	75	25	-	La solución madre fue preparada de Cr (VI) (1000 mg L $\text{Å}1$) por disolución resolviendo la cantidad deseada de dicromato ($K_2Cr_2O_7$) en agua destilada.

En la tabla 12, se identificó treinta y nueve muestras de agua en las cuales se identificaron que 37 fue a nivel laboratorio y 2 fueron muestras de aguas industriales, se evaluaron sus características fisicoquímicas de la muestra de agua contaminada, todas las investigaciones evidenciaron una elevada concentración de metales pesados en aguas residuales donde realizaron su muestra. En la Figura 6. Se muestra la concentración inicial de Pb (II), Cd (II), Cu (II) y Cr (VI)

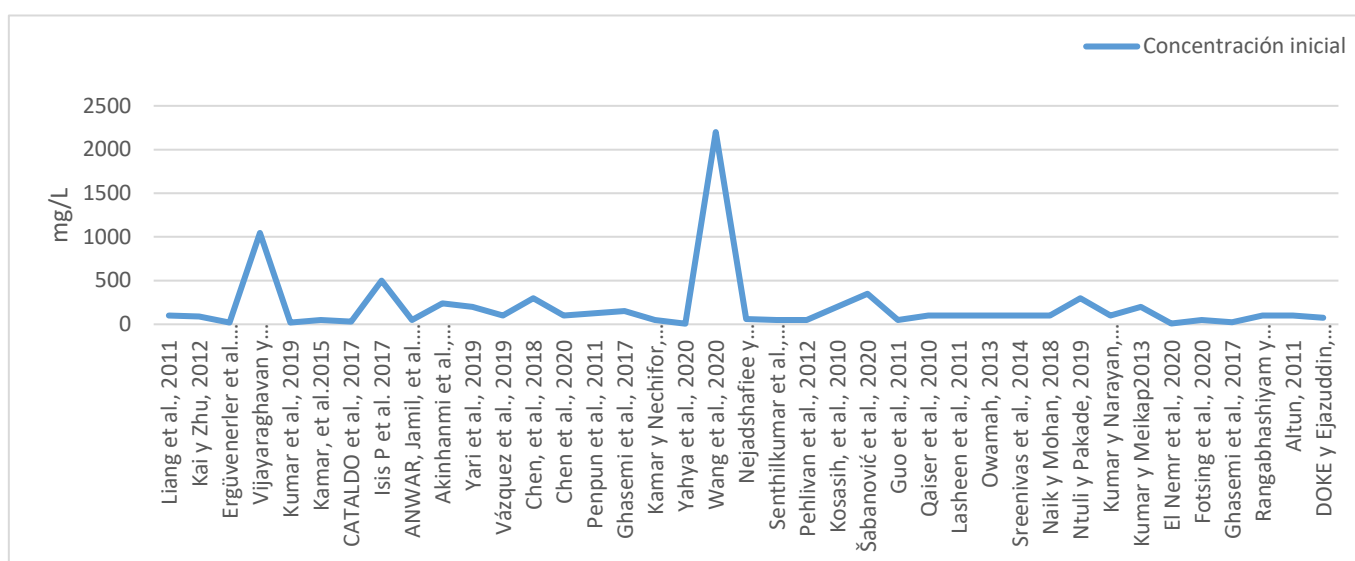


Figura 6. Concentración inicial de Pb (II), Cd (II), Cu (II) y Cr (VI)

En la Figura 6. los valores presentados de la concentración inicial los metales pesados, superando los límites máximos permisibles, se identificó el rango de Pb (II), Cd (II), Cu (II), Cr (VI) de 20 a 1050 mg/L, 30 a 500 mg/L, 50 a 350 mg/L y 10 a 100 mg/L respectivamente. Como es el caso de VIJAYARAGHAV y UMID, (2012) realizó una investigación para la eliminación de Pb (II) con concentración inicial 1045 mg/L logrando 577 mg/L de capacidad de absorción obteniendo un 99.6% de eficiencia, Asimismo Chen et al., 2018 para la eliminación de Cd (II) con concentración inicial de 300 mg/L removiendo 230.5 mg/L con cáscara de litchi, 170 mg/L con cáscara de naranja, 132.5 mg/L con cáscara de granada, 98.4 mg/L con cáscara de plátano.

Tabla 13. Seguimiento de remoción de metales pesados

N°	Absorbentes	metal	Concentración de efluentes (mg/L)	Capacidad de absorción 1 (mg/L)	Capacidad de absorción 2 (mg/L)	Porcentaje de remoción (%)	Porcentaje de remoción (%)	Estudios de Modelo Isotherma	Observación
1	Cáscara de naranja sulfurada	Pb (II)	100	90	164	78.3	83	Freundlich y Langmuir	El estudio de equilibrio fue demostrado por la isoterma de Langmuir presentando la máxima eficiencia
2	Cáscara de melón con Ca (OH) 2	Pb (II)	90.8	68.37	167,8	99	100	Freundlich y Langmuir	El proceso de adsorción fue descrito por modelo de Langmuir y ecuación cinética de pseudo segundo orden.
3	Cáscaras de limón,	Pb (II)	20	20.618	61.3	35.2	90	Langmuir y Freundlich	La capacidad de plomo (II) fue descrito según el modelo de isoterma de Freundlich
	Cáscaras de frijoles	Pb (II)	20	69.93	88.5	78.3	81		
	Cáscara de alcachofa	Pb (II)	20	51.813	62.81	48.1	90		
4	Cáscara de huevo	Pb (II)	1045	154	577	30,7	99,6	Langmuir y el modelo Toth	El modelo de isoterma fue demostrado por Langmuir dado que es capaz de predecir la capacidad máxima de biosorción de cualquier biomasa bajo condiciones controladas
5	Cáscara de limón (Citrus limetta)	Pb (II)	20	7.76	13.51	61.98	97,11	Langmuir y Freundlich	El proceso de isoterma de adsorción de Freundlich fue mejor que la isoterma de adsorción de Langmuir.

6	Cáscaras de avellana NaNO ₃	Cd (II)	30	1.6	8	73	95.6	Freundlich, Langmuir y Sips	La ecuación Sips fue considerada como el mejor modelo endotérminos de ajuste de datos experimentales.
	Cáscaras de avellana NaCl			2.1	2.5	80.6	83		
	Cáscaras de almendras NaNO ₃			2.7	7	82	94		
	Cáscaras de almendras NaCl			2.4	3.4	79.6	85		
6	Cáscaras de avellana NaNO ₃	Pb (II)	30	6.2	7.3	91.6	94.6	Freundlich, Langmuir y Sips	La ecuación Sips fue considerada como el mejor modelo endotérminos de ajuste de datos experimentales.
	Cáscaras de avellana NaCl			4.5	6.3	86	87		
	Cáscaras de almendras NaNO ₃			4.2	6.9	85	89		
	Cáscaras de almendras NaCl			3.6	3.7	84	85		
7	Cáscara de Nuez	Pb (II)	50	1.01159	6.82	48.8	86,05	Langmuir y Freundlich	El modelo de Langmuir es mejor que el modelo de Freundlich para el estudio de cáscaras de nuez y alcachofa.
		Cd (II)	50	1.66656	4.35	46.6	72,23		
8	cáscara de Jatoba con NaOH (<i>Hymenaea courbaril</i>)	Pb (II)	500	15.39	48.75	26.1	99.5	Langmuir, Freundlich y Dubinin-Radushkevich	Los experimentales se describen mejor por el modelo de Langmuir.
		Cd (II)	500	5.1	30.27	2.2	99.6		

9	Cáscara de plátano	Cd (II)	50	2.82	5,71	81.5	89.2	Freundlich, Langmuir y Temkin	La evaluación de la isoterma de Langmuir fue eficiente para la capacidad de absorción.
		Pb (II)	50	2,29	4.95	79.5	85.3		
10	Cáscara de naranja	Cd (II)	240	54.43	128,23	73.42	88,34	Langmuir y Freundlich	Entre los modelos isotérmicos Langmuir y Freundlich el más eficiente en la capacidad de adsorción de Cd (II) es considerando el modelo de Langmuir.
11	Cáscara de almendra	Cd (II)	200	86,20	121.95	32.3	94	Langmuir y Freundlich	Entre los modelos isotérmicos Langmuir y Freundlich, el modelo Langmuir mostró con mayor eficiencia la capacidad de absorción.
12	Cáscara de castaña NaOH	Cd (II)	100	6,1	9,9	60,4	98,3	Langmuir, Freundlich, Redlich-Peterson y Sips	La isoterma de Freundlich se ajustaron mejor a los datos experimentales de Cd
13	Cáscara de litchi	Cd (II)	300	229,7	230.5	84.49	97	Langmuir y Freundlich	Los modelos isotérmicos Langmuir y Freundlich son aplicables para la capacidad máxima de absorción de los cuatros absorbentes.
	Cáscara de naranja	Cd (II)	300	168,8	170.3	83.43	96		
	Cáscara de granada	Cd (II)	300	131	132.5	82.96	95		
	Cáscara de plátano	Cd (II)	300	97,8	98.4	79.92	91		

14	Cáscara de Sandía	Cd (II)	100	36	101	64	89.9	Langmuir y Freundlich	El modelo de Langmuir podría explicar bien el mecanismo de eliminación de metales de Cu (II) y Cd (II).
		Cu (II)	100	93	139	83	86.1		
15	Cáscara de pomelo	Cu (II)	125	3.82	19,7	70	84	Freundlich y Langmuir	El estudio de equilibrio mostró que la isoterma de Langmuir está bien equipada.
	Cáscara de pomelo Depectada	Cu (II)	125	2.82	21,1	65	83		
16	Cáscara de maíz modificado con ácido tartárico	Cu (II)	150	8,5	18,5	34	74	Langmuir, Freundlich y Tenkin	Para la absorción de cáscara de maíz modificado tuvo mayor reacción de absorción con el modelo de Langmuir.
17	Cáscara de Nuez	CU (II)	50	1.1739	4.61	70	79,54	Freundlich y Langmuir	Al aplicar el modelo de isoterma a los datos experimentales, se encontró que el modelo de Langmuir es mejor que el modelo de Freundlich.
18	Cáscara de almendra cruda	Cu (II)	7,0	3.38	2.41	32.8	70	Thomas, Yoon y Nelson	El modelo isotérmico de Thomas fue mayor de mejor capacidad que el modelo de Yoon y Nelson.
19	Cáscara de nuez modificado con pirolusita	Cu (II)	2200	8.6	34.4	24.5	97	-	El experimento de estudio de biosorción no implementaron modelos isotermas ya que fue basado en las condiciones operacionales óptimas del absorbente.
20	Cáscara de maní modificado con ácido sulfámico	Cu (II)	60	77.5	85.9	64	92	Langmuir y Freundlich	El estudio demostró con mayor eficiencia de capacidad de absorción con el modelo Langmuir.

21	Cáscara de nuez	Cu (II)	50	10	20	53	82,11	Langmuir y Freundlich	Los datos de adsorción en equilibrio se ajustaron a los modelos de isothermas de adsorción de Langmuir y Freundlich.
22	Cáscara de cebada con ácido cítrico (CA – BS)	Cu (II)	50	4,64	31,71	12.4	88.1	Langmuir, Freundlich, Scatchard y Dubinin – Radushkevich	El modelo Dubinin – Radushkevich demostró mayor eficiencia de capacidad de adsorción.
23	Cáscara de yuca	Cu (II)	200	38,20	41	86	99	Langmuir, Freundlich Sorbos y Toth	Los datos de isothermas se representan mejor presentado por los modelos Langmuir
24	Cáscara de limón (Citrus limetta) modificado con HNO ₃ , Na y NaOH	Cu (II)	350	10.84	19.35	49.95	81,73	pseudo primer y pseudo segundo orden	El estudio de investigación utilizó los modelos cinéticos de difusión de partículas para simular la adsorción de iones metálicos sobre cáscara de limón modificada.
		Pb (II)	350	10.99	22.09	86.48	87,84		
25	Cáscara de naranja KCL	Cu (II)	50	25	60	62	97	Langmuir y Freundlich	El estudio del modelo isotérmico mostró que la mayor capacidad de adsorción de la cáscara naranja modificada fue eficiente con el modelo Langmuir.
		Cd (II)	50	48	126	12	90		
		Pb (II)	100	53	142	10	99		
26	Cáscara de cacahuete	Pb (II)	100	1.8	31,64	36	98	Langmuir y Freundlich.	El modelo de Langmuir mostró una mejor representación de los datos,
		Cr (VI)		1.6	30,21	35	96		

27	Cáscara de naranja modificado con HNO ³	Cu (II)	100	3	15	89	93	Langmuir y Freundlich	Los datos de biosorción modificados se ajustaban perfectamente con el modelo Langmuir.
		Cd (II)	100	2	13	81	85		
		Pb (II)	100	4	73	12	96		
28	Cáscara de yuca	Cu (II)	100	4	8	76	84	Langmuir y Freundlich	Los datos de equilibrio prescribieron bien con el modelo de isotermas de Langmuir.
		Pb (II)	100	5.3	6	78	82		
29	Cáscara de calabaza ceniza (<i>Benincasa hispida</i>)	Cr (VI)	100	75	350	97.24	99.6	Freundlich	La adsorción cuantitativa de Cr (VI) fue descrito por la isoterma de adsorción de Freundlich
30	Cáscara de naranja	Cr (VI)	100	22.8	73.1	21.2	96.4	Langmuir y Freundlich	El modelo de Freundlich para este estudio fue mejor que el modelo de Langmuir.
31	Cáscara de nuez modificado con HCl y C ₃ H ₄ O ₂	Cr (VI)	300	20.33	39.21	66,80	95.48	Langmuir y Freundlich	El valor del modelo de Freundlich fue menor que el del modelo de Langmuir en la implicación de la existencia de un enlace entre Cr (VI) y la superficie de adsorción.
32	Cáscara de abrojo	Cr (VI)	100	73.1	98,04	11,88	99.8	Langmuir y Freundlich	El estudio demostró mayor eficiencia de capacidad de absorción con la modelo isoterma de Langmuir.
33	Cáscara de naranja (OP) modificado con ZnCl ₂	Cr (VI)	200	132.13	133,33	73.18	99,12	Langmuir y Freundlich	Los modelos isotérmicos mostraron que tanto Langmuir y Freundlich son aplicables a los datos experimentales por lotes.

34	Cáscara de coco	Cr (VI)	10	1.5606	22,96	60	90	Webber, Morris, Langmuir y Freundlich	Los modelos de isothermas de Langmuir y Freundlich fueron adaptados para datos de equilibrio con capacidad máxima de adsorción.
35	Cáscara de cacao modificado con APTES-HCl	Cr (VI)	50	31.85	53.16	57,8	79,8	Langmuir y Freundlich	Los coeficientes se obtuvieron con el modelo de Langmuir, lo que indica que la sorción era una sustancia química
36	Cáscara de maní	Cr (VI)	25	22.97	23.97	97	98	Freundlich, Thomas, Yoon-Nelson, Woolborska	El modelo de isoterma de Langmuir se ajustó bien al dato experimental
	Cáscara de almendra			12.34	15.27	94	99		
37	Cáscara de Swietenia mahagoni	Cr (VI)	100	27.38	37.03	65	76.5	Langmuir, Freundlich Dubinin–Radushkevich Tenkin, Jovanovic	Los datos de equilibrio de adsorción se examinaron satisfactoriamente explicado por el modelo de isoterma de Langmuir.
	Cáscara de Swietenia mahagoni con ácido sulfúrico			43.03	47.61	80.6	89		
	Cáscara de Swietenia mahagoni con ácido ortofosfórico			48.85	58.82	90	94		
38	Cáscara de nuez modificado con HNO ³ y NaOH	Cr (VI)	100	50	55	69	90	Langmuir y Freundlich	El Cr (VI) se puede calcular utilizando la isoterma de Langmuir.
39	Cáscara de manzana modificado con H ₂ SO ₄	Cr (VI)	75	51.33	151	40	95	Langmuir y Freundlich	La capacidad de adsorción de Cr (VI) tuvo mayor resultado con Langmuir

En la Tabla 13, se identificó la concentración inicial en agua de los artículos seleccionados, y las capacidades de adsorción mínima y máxima que se encontraban en unidades (mg/kg, mg/kg, meq/kg o mmol/kg), se procedió a realizar la transformación de unidades a mg/l para que al momento de realizar los datos estadísticos todos los valores sean homogéneos, luego se determinó el porcentaje de remoción utilizando la fórmula

Se identificaron diferentes cantidades de concentración para el tratamiento de metales pesados en aguas contaminadas con sus respectivos adsorbentes de acuerdo a cada investigación incluida, la finalidad de los autores fue evaluar el mayor porcentaje de remoción que llegaron, debido a que no todas las investigaciones indicaron más de dos concentraciones, solo se tomaron los valores de dos concentraciones que manifestaban los mayores porcentajes de remoción de metales pesados

Las técnicas que se utiliza con frecuencia para cuantificar y contrastar el rendimiento de diferentes adsorbentes son: Freundlich y Langmuir, describen la relación entre la concentración disuelta de la especie química a sorber (mg/l, meq/l o mmol/l) y la cantidad adsorbida por el adsorbente; las unidades son por unidad de masa de sorbente (mg/kg, mg/kg, meq/kg o mmol/kg); los resultados fueron analizados con modelos isotérmicos, (Webber, Morris, Langmuir, Freundlich, Thomas y Dubinin-Radushkevich), el proceso se da bajo condiciones de temperatura y presión constantes concluyendo que todos estos modelos se ajustan a los datos experimentales de adsorción, el modelo de Langmuir fue capaz de predecir la capacidad máxima de biosorción de cualquier biomasa bajo condiciones controladas

Tabla 14. Aplicación de absorbentes y remoción de metales pesados

Autor	metal	Concentración inicial del metal (mg/L)	Capacidad de absorción 1 (mg/L)	Capacidad de absorción 2 (mg/L)	Porcentaje de Remoción 1 (%)	Porcentaje de remoción 2 (%)	Condiciones Operacionales			
							Dosis	pH	Tiempo (min)	Temperatura (C°)
Liang et al. 2011	Pb (II)	100	90	164	78.3	83	5	5	120	25
Kai y Zhu, 2012	Pb (II)	90.8	68.37	167,8	99	100	5	4.5	120	25
Kamar et al. 2015	Pb (II)	50	1.01	6.82	48.8	86.05	0.5	6	150	25
Ergüvenerler et al. 2020	Pb (II)	20	20.618	61.3	35.2	90	1	4.5	60	20
Ergüvenerler et al. 2020	Pb (II)	20	69.93	88.5	78.3	81	1	4.5	10	20
Ergüvenerler et al. 2020	Pb (II)	20	51.813	62.81	48.1	90	1	4.5	10	20
Vijayaraghavan y Umid, 2012	Pb (II)	1045	154	577	30.7	99.6	10	5	90	25
Isis et al. 2017	Pb (II)	500	15.39	48.75	26.1	99.5	5	5.5	120	25
Anwar et al. 2010	Pb (II)	50	2.18	4.95	79.5	85.3	40	5	20	25
Kumar et al. 2019	Pb (II)	20	7.76	13.51	61.98	97.11	3.5	5	160	55
Sabanovic et al. 2020	Pb (II)	350	10.99	22.09	86.48	87.84	0.3	5	60	25
Guo et al. 2011	Pb (II)	100	53	142	10	99	5	5.5	90	25
Lasheen et al. 2011	Pb (II)	100	4	73	12	96	0.1	5	30	25
Owamah, 2013	Pb (II)	100	5	6	78	82	10	8	30	25
Cataldo et al. 2017	Pb (II)	30	6.2	7.3	91.6	94.6	5	5	40	360
Cataldo et al. 2017	Pb (II)	30	4.5	6.3	86	87	5	5	40	360
Cataldo et al. 2017	Pb (II)	30	4.2	6.9	85	89	5	5	40	360
Cataldo et al. 2017	Pb (II)	30	3.8	3.7	84	85	5	5	40	360
Kaiser et al. 2010	Pb (II)	100	1.8	31.64	36	98	0.5	5	20	60
Chen et al. 2018	Cd (II)	300	229.7	230.5	84.49	97	48	5	120	25
Chen et al. 2018	Cd (II)	300	168.8	170.3	83.43	96	48	5	120	25

Chen et al. 2018	Cd (II)	300	131	132.5	82.9	95	48	5	120	25
Chen et al. 2018	Cd (II)	300	97.8	98.4	79.92	91	48	5	120	25
Yari et al. 2019	Cd (II)	200	86.2	121.95	32.3	94	0.1	7.5	120	25
Anwar et al. 2010	Cd (II)	50	2.82	5.71	81.5	89.2	30	5	20	25
Kamar et al. 2015	Cd (II)	50	1.66	4.35	26.34	72.23	0.5	6	150	25
Isis et al. 2017	Cd (II)	500	5.1	30.27	2.2	99.6	5	4	120	25
Chen et al. 2020	Cd (II)	100	36	101	64	89.9	0.4	6	60	25
Akinhanmi et al. 2020	Cd (II)	240	54.43	128,23	73.42	88.34	0.04	5.5	120	45
Guo et al. 2011	Cd (II)	50	48	126	12	90	5	6.3	129	25
Lasheen et al. 2011	Cd (II)	100	2	13	81	85	0.8	5	30	25
Vázquez et al. 2019	Cd (II)	100	6,1	9,9	60,4	98,3	1	5	360	25
Cataldo et al. 2017	Cd (II)	30	1.6	8	73	95.6	5	5	360	60
Cataldo et al. 2017	Cd (II)	30	2.1	2.5	80.6	83	5	5	360	60
Cataldo et al. 2017	Cd (II)	30	2.7	7	82	94	5	5	360	60
Cataldo et al. 2017	Cd (II)	30	2.4	3.4	79.6	85	5	5	360	25
Kamar y Nechifor, 2015	Cu (II)	50	1.1739	4.61	70	79.54	0.5	6	150	25
Pepun et al. 2011	Cu (II)	125	3.82	19.7	70	84	5	4	60	25
Pepun et al. 2011	Cu (II)	125	2.82	21,1	65	83	5	4	60	25
Chen et al. 2020	Cu (II)	100	93	139	83	86.1	0.4	6	60	25
Sabanovic et al. 2020	Cu (II)	350	10.84	19.35	49.95	81.73	0.3	5	60	25
Guo et al. 2011	Cu (II)	50	25	60	62	97	5	6.5	120	25
Ghasemi et al. 2017	Cu (II)	150	8.5	18.5	34	74	0.5	6	90	25
Yahya et al. 2020	Cu (II)	70	3.38	2.41	32.8	70	0.7	7	2640	25
Wang et al. 2020	Cu (II)	200	8.6	34.4	24.5	97	6	5	60	25
Nejadshafiee y Mohammand, 2019	Cu (II)	60	77.5	85.9	64	92	0.6	6.5	180	25

Senthilkumar et al. 2010	Cu (II)	50	10	20	53	82,11	3	5	30	30
Pehlivan et al. 2012	Cu (II)	50	4,64	31,71	12.4	88.1	1	7	120	25
Kosasih, et al. 2010	Cu (II)	200	38	41	86	99	0.25	4.5	250	40
Lasheen et al. 2011	Cu (II)	100	3	15	89	93	0.5	5	30	60
Owamah, 2013	Cu (II)	100	4	8	76	84	10	8	120	25
Kumar y meikap, 2013	Cr (VI)	10	1.56	22.96	60	90	5	6.5	35	30
El Nemr et al. 2020	Cr (VI)	200	132.13	133,33	73.18	99.12	1	6	100	700
Ntuli y Pakade, 2017	Cr (VI)	25	20.33	39.21	66.8	98.48	7.5	2	180	40
Naik y Mohan, 2018	Cr (VI)	100	22.8	73.1	21.2	96.4	5	3.5	120	30
Kumar y Narayan, 2019	Cr (VI)	100	73.1	98.04	11.88	99.8	1	2	60	28
Sreenivas et al. 2014	Cr (VI)	100	75	350	97.24	99.6	6	1	130	30
Rangabhashiyam y Selvaraju, 2015	Cr (VI)	100	27.38	37.03	65	76.5	20	2	100	30
Rangabhashiyam y Selvaraju, 2015	Cr (VI)	100	43.03	47.61	80.6	89	20	2	80	30
Rangabhashiyam y Selvaraju, 2015	Cr (VI)	100	48.85	58.82	90	94	20	2	60	30
Banerjee et al. 2017	Cr (VI)	25	22.97	23.97	97	98	10	1	22	25
Banerjee et al. 2017	Cr (VI)	25	12.34	15.27	94	99	10	1	22	25
Fotsing et al. 2020	Cr (VI)	50	31.85	53.16	57.8	79.8	0.2	4.5	240	20
Altun, 2011	Cr (VI)	100	50	55	69	90	51	2	120	25
Doke y Ejazuddin, 2012	Cr (VI)	75	51	151	40	95	1.25	2	80	27
Kaiser et al. 2010	Cr (VI)	100	1.6	30,21	35	96	0.5	2	60	40

Meta-análisis

Meta-análisis de las capacidades de absorción con respecto al porcentaje de remoción de los metales pesados

Se evaluó los 39 estudios incluidos por cada metal, donde se comparó las capacidades de absorción de las cáscaras naturales como absorbentes, mediante dos ensayos, los cuales contribuyen a la valoración de los porcentajes de remoción de Pb (II), Cd (II), Cu (II) y Cr (VI). Las capacidades de absorción 1 demostraron menor porcentaje de eficiencia en la eliminación de los metales pesados, a diferencia de la capacidad de absorción 2, esto explica que aplicaron diferentes pH hasta lograr el pH óptimo y encontrar la capacidad máxima de absorción de metales pesados. Por consiguiente, en las Figuras 7, 8, 9 y 10 se interpreta la relación inversa entre las diferentes capacidades de absorción y el porcentaje de remoción de metales pesados.

Para conocer si existe diferencia entre las concentraciones de absorción de cada meta-análisis el criterio de evaluación sistemática establece que el Odds ratio es 1, por ello se interpreta de los siguientes valores:

- Odds ratio < 1: La capacidad de absorción disminuye el porcentaje de remoción.
- Odds ratio >1: La capacidad de absorción demostró una eficiencia favorable dentro del estudio.
- Odds ratio = 1: La capacidad de absorción 2, no presenta una gran diferencia entre la capacidad de absorción 1.

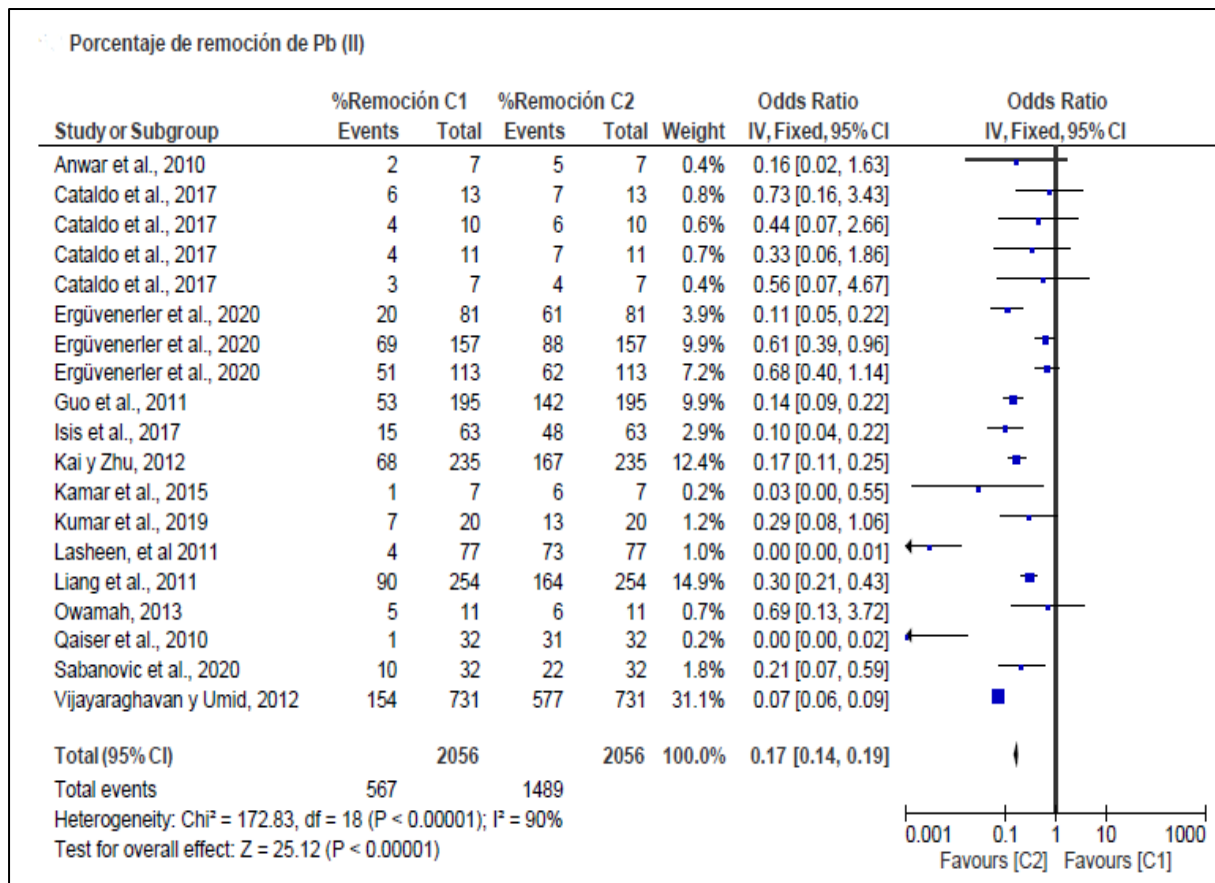


Figura 7. Meta-análisis de las capacidades de absorción respecto al porcentaje de remoción de Pb (II)

En la Figura 7, se observó que la mayoría de los estudios de investigación el efecto de resumen representado por los cuadros, se encuentra situado en la parte izquierda de la línea horizontal del odds ratio >1, sugiriendo un efecto favorable en el estudio con relación de la capacidad de absorción 2 con resultado que son eficientes respecto al porcentaje de remoción de plomo en las aguas contaminadas. Sin embargo, en siete estudios cruzan la línea de intervalo este efecto presenta que no existe gran diferencia en los porcentajes de remoción de Pb (II) en relación inversa de las capacidades de absorción, indicando que las diferencias no alcanzan significancia estadística, probablemente por falta de condiciones operacionales óptimas en la capacidad de absorción 1. El resultado de la relación inversa el metaanálisis adherida los valores de todos facilitando una estimación esencial sobre el tratamiento de soluciones acuosas de Pb (II), demostrando el odds ratio de 0,17 simbolizado por el rombo con intervalo de confianza del 95% que no engloba en la unidad (0,14 - 0.19).

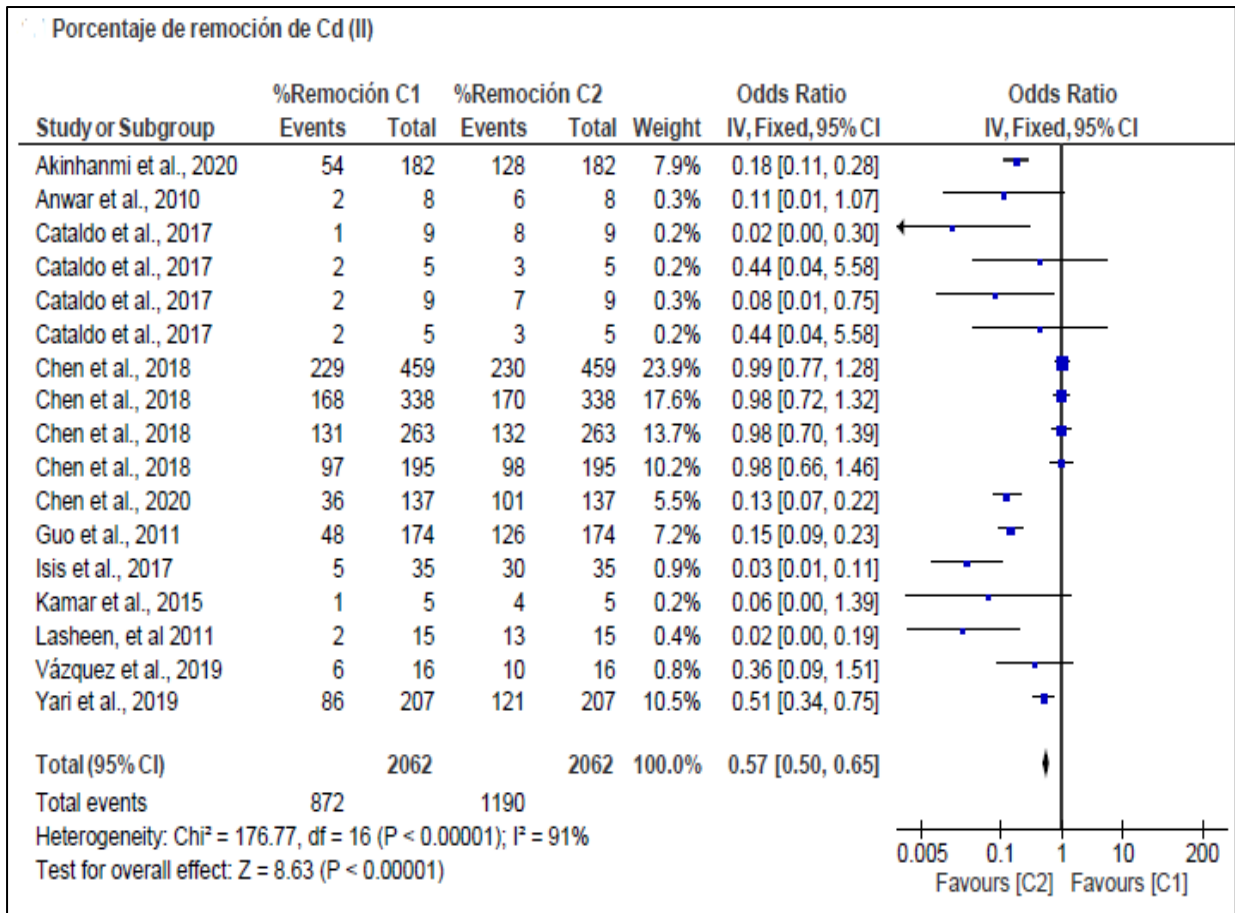


Figura 8. Meta-análisis de las capacidades de absorción respecto al porcentaje de remoción de Cd (II).

En Figura 8, se observó la evaluación de los diecisiete estudios respecto a la relación inversa de las capacidades de absorción entre el porcentaje de remoción Cd (II), donde se identificó que los cuadros de efecto de resumen se encuentra a favor de la C2, respondiendo a la hipótesis de investigación que las cáscaras naturales si son eficientes en absorber gran cantidad de cadmio en soluciones acuosas, Asimismo, ocho estudios se encuentran en el intervalo de odds ratio =1 esto representa que las diferencia no alcanza significancia estadística entre las capacidades de absorción. Por otro lado, la estimación del tratamiento de Cd (II) es 0.57 con el nivel de confianza del 95%.

Porcentaje de remoción Cu(II)

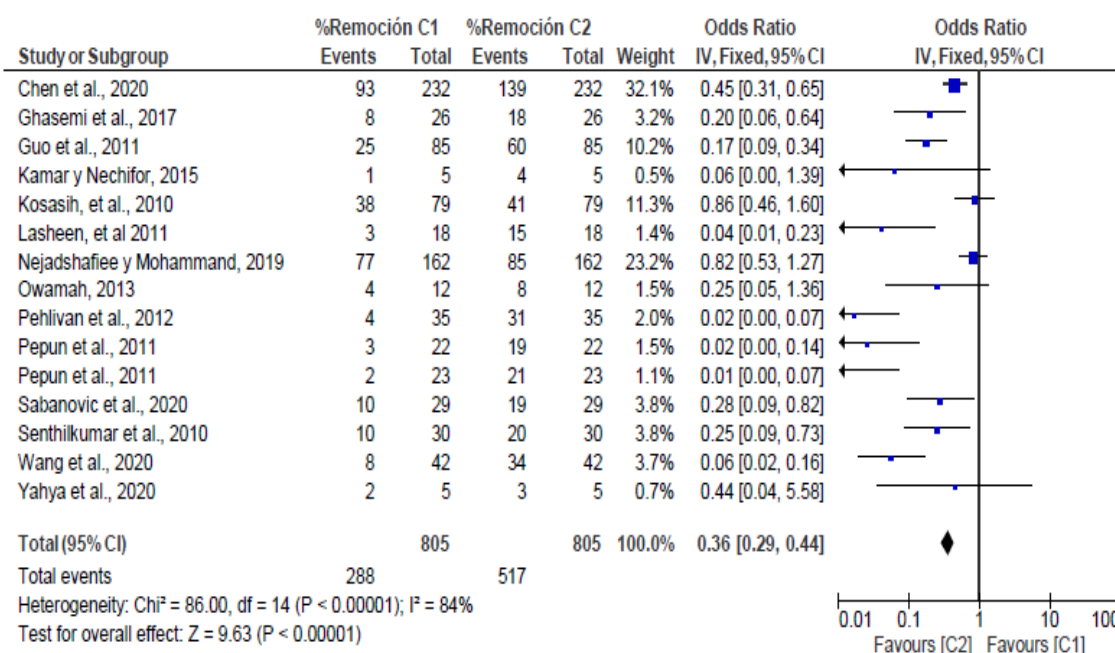


Figura 9. Meta-análisis de las capacidades de absorción respecto al porcentaje de remoción de Cu (II).

En las Figura 9, se evaluaron los quince estudios en combinación de las capacidades de absorción entre los porcentajes de remoción de Cu (II) para considerar si existe relación entre ambos, se observó que el cuadro de efecto de resumen se encuentra a favor del intervalo de la capacidad de absorción 2 de odds ratio >1, donde cumple los objetivos por intervalo de nivel de confianza del 95% que las cáscaras son eficientes para la remoción de Cu (II). Sin embargo, cinco estudios se encuentran en medio de la línea horizontal entre intervalo odds ratio = 1, esto quiere decir que no hay significancia estadística entre las capacidades de absorción, la estimación del tratamiento de cobre el odds ratio se encuentra simbolizado por el rombo en un valor de 0.36 con intervalo de confianza del 95% que no en global en la unidad (0,29 - 0.44).

Porcentaje de remoción de Cr(VI)

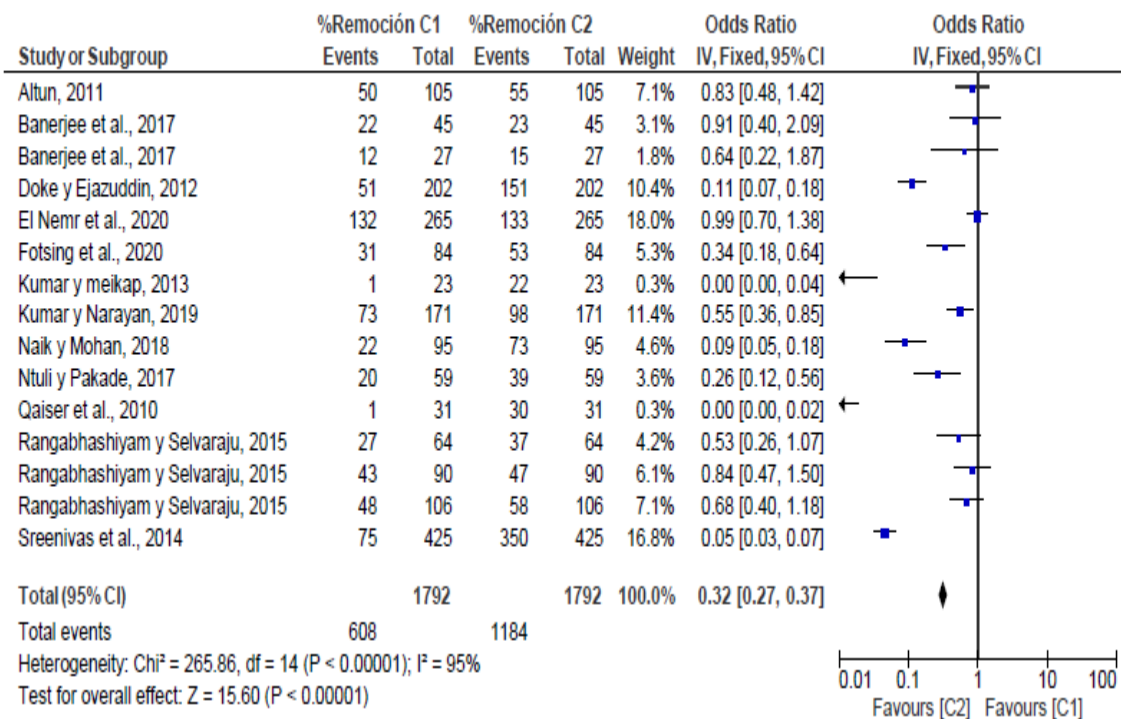


Figura 10. Meta-análisis de las capacidades de absorción respecto al porcentaje de remoción de Cr (VI)

En la combinación de datos de los quince estudios de la Figura 10, el cuadro de efecto de resumen se encuentra situado a la línea horizontal del odds ratio >1 representando un efecto favorable en el estudio a favor de la capacidad de absorción 2 en la remoción de Cr (VI). Por otro lado, siete estudios logran el cruce de la línea horizontal de intervalo de odds ratio = 1, esto quiere decir que no hay cierta significancia estadística entre las dos capacidades de absorción. Se obtiene por resultado la estimación del tratamiento de Cr (VI) a 0.54 con un intervalo de confianza del 95%, no incluyendo la unidad de 0.48- 0.62.

Meta-análisis de los porcentajes de remoción de metales pesados con respecto a las capacidades de absorción.

En las Figuras 11,12,13 y 14, se muestra las 39 investigaciones de cada meta-análisis por metal pesado, donde se comparan dos ensayos de porcentaje de remoción en los valores de capacidad de absorción de Pb (II), Cr (VI), Cu (II) y Cd (II). Se identificó que la capacidad de absorción 2 tiene mayor porcentaje de remoción dado que tuvieron gran potencialidad a remover metales pesados de las aguas contaminadas a diferencia que la capacidad de absorción 1, esto se debe

que los absorbente no logró la capacidad máxima de absorción para lograr un eficiente porcentaje de remoción de plomo, cromo, cobre y cadmio.

Para las evaluaciones sistemática este establece que el valor de Odds ratio es 1, por lo tanto, se interpreta los siguientes valores:

- Odds ratio < 1: El porcentaje no logró la mayor eliminación de los metales pesados por la falta de capacidad máxima de absorción.
- Odds ratio > 1: El porcentaje de remoción demostró una eficiencia favorable dentro del estudio.
- Odds ratio = 1: El porcentaje de remoción del segundo ensayo no presenta una gran diferencia entre el primer ensayo del tratamiento.

El test de heterogeneidad se realiza mediante la prueba de chi cuadrado y el estadístico I² que describe el porcentaje (0% a 100%) de variabilidad conociendo la heterogeneidad y no al azar.

- Los valores bajos se consideran la heterogeneidad nula.
- Los valores altos se considera que existe heterogeneidad entre los estudios.

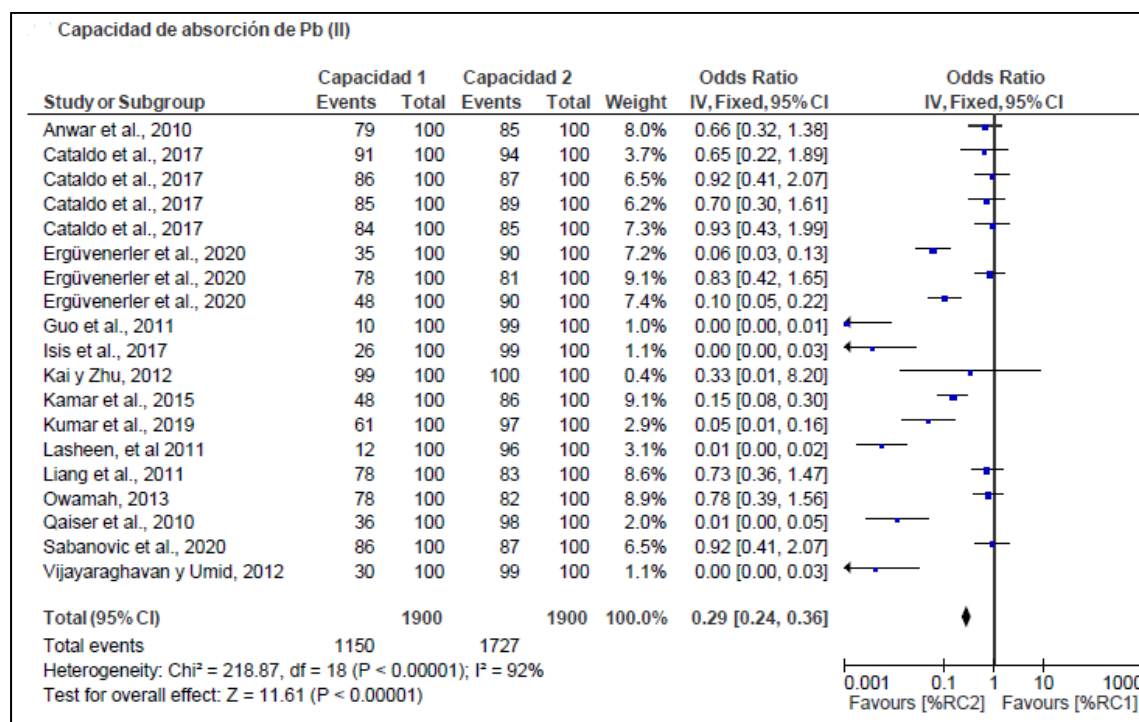


Figura 11. Meta-análisis de los porcentajes de remoción de Pb (II) respecto a las capacidades de absorción.

Capacidad de absorción de Cd(II)

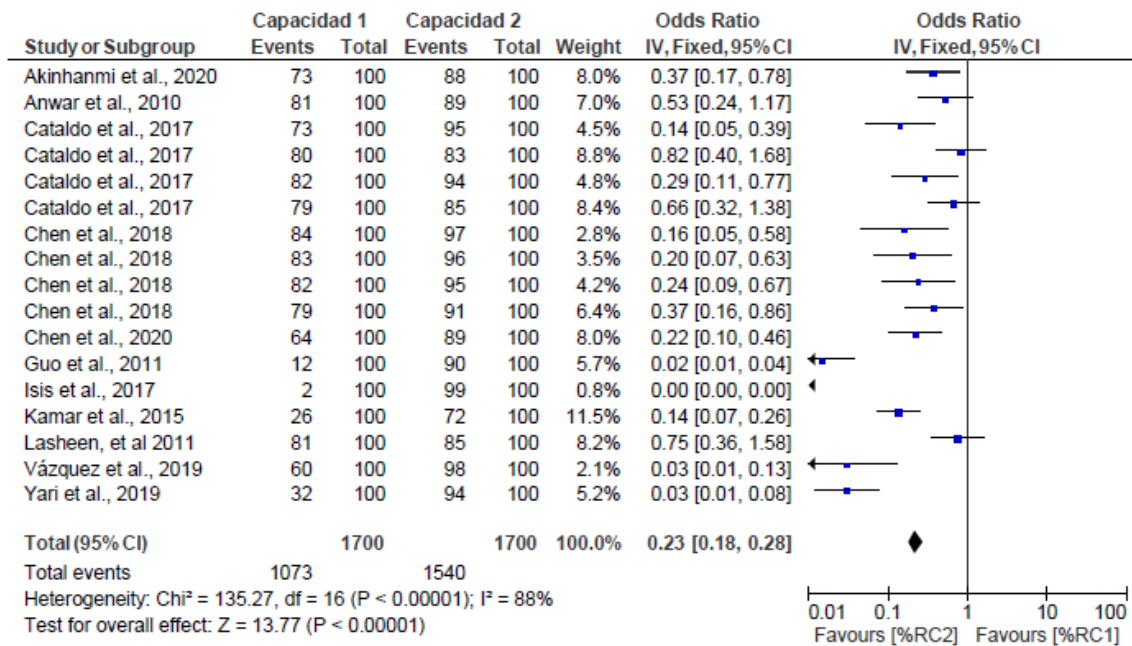


Figura 12. Meta-análisis de los porcentajes de remoción de Cd (II) respecto a las capacidades de absorción.

Capacidad de absorción de Cu(II)

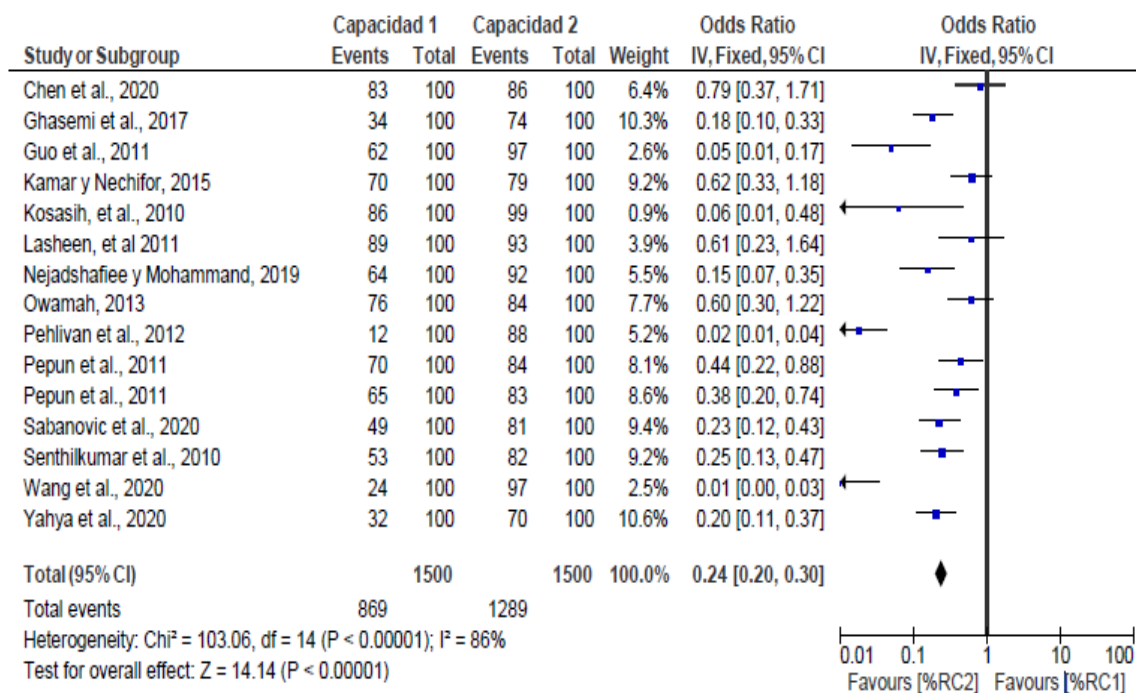


Figura 13. Meta-análisis de los porcentajes de remoción de Cu (II) respecto a las capacidades de absorción.

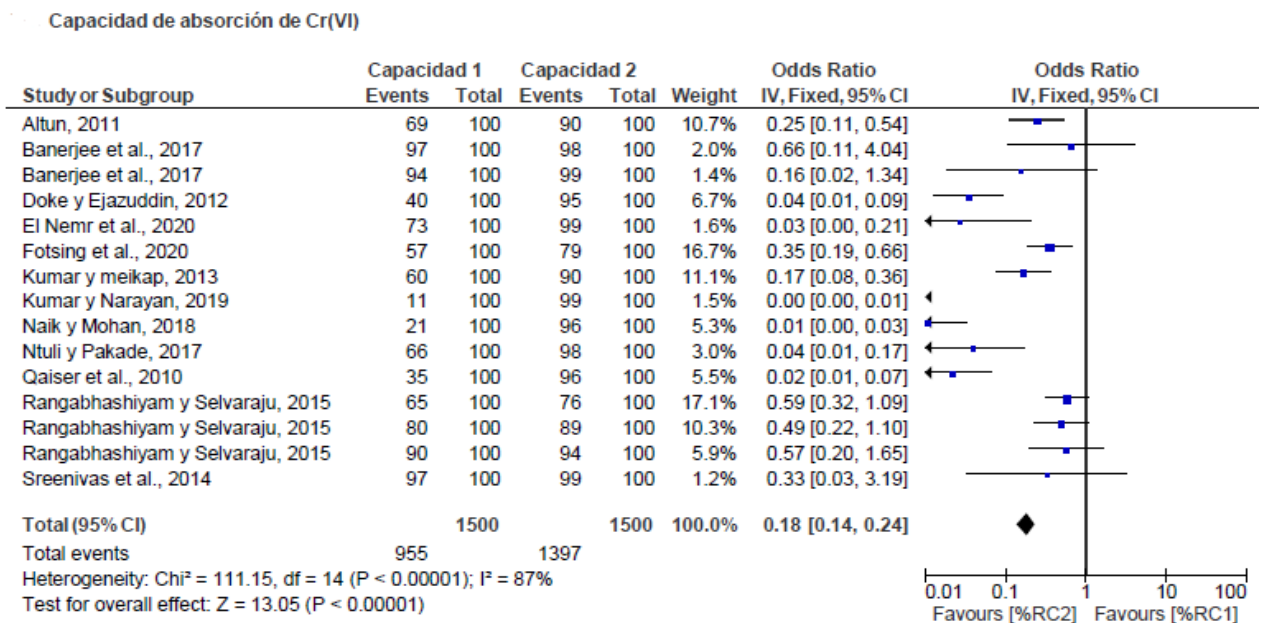


Figura 14. Meta-análisis de los porcentajes de remoción de Cr (VI) respecto a las capacidades de absorción.

Se tiene por resultado de acuerdo a las Figuras 11, 12, 13 y 14 que la mayoría de los estudios se encuentran en el intervalo de Odds ratio >1, esto interpreta que el porcentaje de remoción encontró la capacidad máxima de absorción para la eliminación de los metales pesados, dando por respuesta el objetivo e hipótesis del estudio que las cáscaras naturales son eficientes para la remoción de Pb (II), Cd (II), Cu (II) y Cr (VI). Por otro lado, se observa que hay estudios que se encuentran en medio de la línea horizontal Odds ratio =1, esto se interpreta que las diferencias no alcanzan significancia estadística entre los porcentajes. Según el cuadro de efecto de resumen, estos se encuentran en el Odds >1, interpretando que por cierta cantidad de diferencia la mayor eficiencia obtuvo la capacidad de absorción 2 en remoción de los metales pesados.

El estadístico I² de porcentaje de variabilidad de cada estudio de meta-análisis de los porcentajes de remoción respecto a las concentraciones de absorbida de Pb, Cd, Cu y Cr se obtuvo el 92, 88, 86 y 87% respectivamente lo que refleja grados moderados, se llega a la conclusión que la heterogeneidad comprueba que los datos son correctos. El intervalo de confianza nos permitió determinar con mayor exactitud la estimación de los estudios incluidos en cada meta-análisis por metal con un margen de error definido de (p < 0.000001) por lo

cual se considera suficiente, representada con un nivel de confianza del 95% que los estudios son eficientes.

Interpretación de gráfico de Excel

En la Figura 15, se muestra el porcentaje de remoción de Pb (II) de las 19 investigaciones incluidas, utilizando cáscaras naturales logrando eliminar el 70 a 100% de plomo en soluciones acuosa.

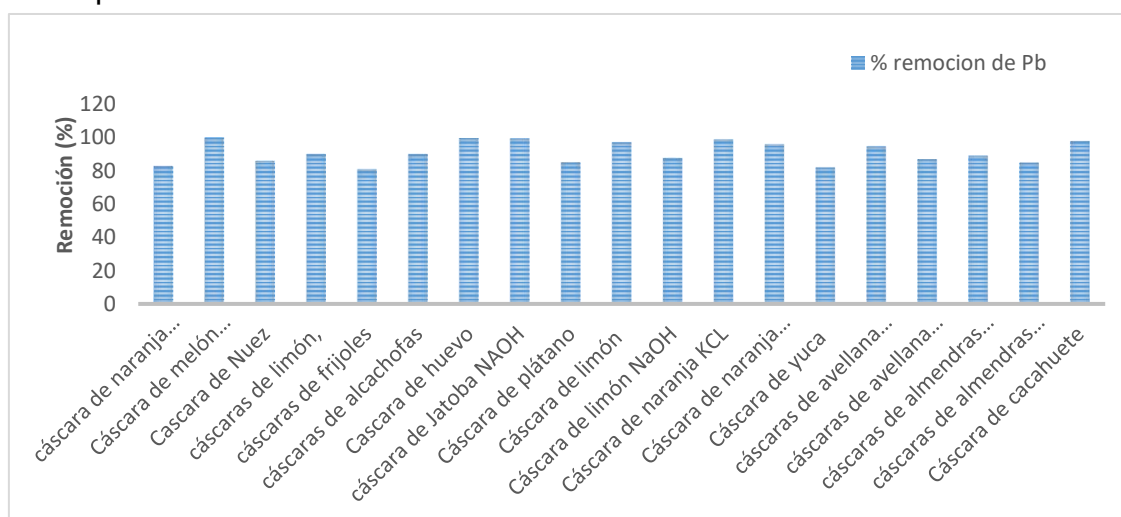


Figura 15. Porcentaje de remoción de Pb (II)

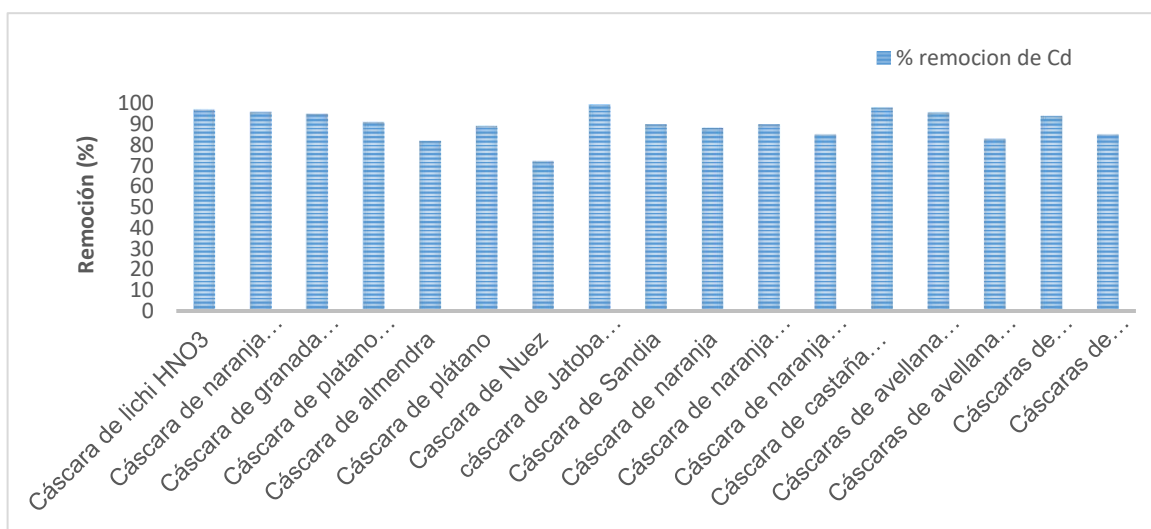
En la Figura 15, se evidenció que la cáscara de melón modificada con Ca (OH)₂, logró remover el 100% de Pb (II) en soluciones acuosas. Asimismo, la cáscara de huevo, cáscara de jatoba modificado con NAOH y cáscara naranja modificada HNO₃ obtuvieron la capacidad de absorber el 99% de plomo (II). El porcentaje de menor cantidad, pero no menos eficiente fue de 83% utilizando la cáscara de yuca. En la Figura 16, se muestra el porcentaje de eliminación de Cd

(II) de las diecisiete investigaciones incluidas utilizando cáscaras de residuos de orgánicos logran remover el 70 a 99% de cadmio.

Figura 16. Porcentaje de remoción de Cd (II)

En la Figura 16, se observó que la cáscara de jatoba modificada con NaOH, obtuvo el mayor porcentaje del 99,6%, por otro lado, el porcentaje de menor cantidad fue 72.23% en remoción de cadmio (II) utilizando la cáscara de nuez.

En la Figura 17, se muestra los porcentajes de remoción de Cu (II) de las



quince investigaciones incluidas utilizando las cáscaras naturales en obtención de porcentajes de eliminación eficientes.

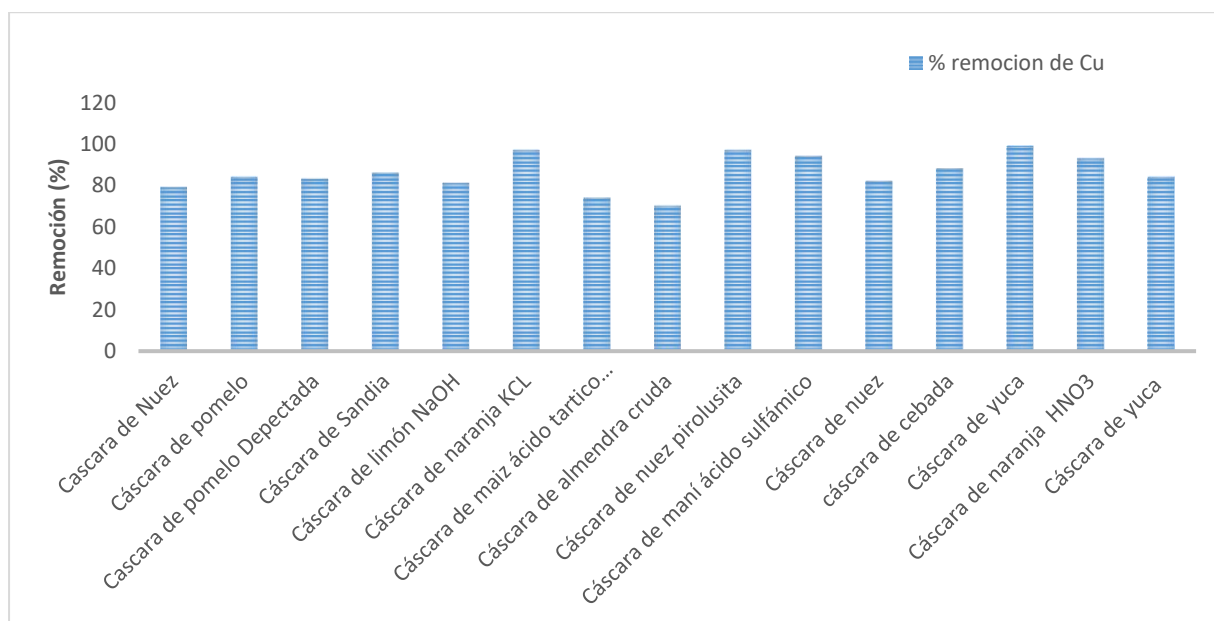


Figura 17. Porcentaje de remoción de Cu (II)

En la Figura 17, se evidenció que la cáscara de yuca obtuvo la mayor cantidad de remoción del 99%, asimismo la cáscara de naranja modificada con KCL y la cáscara de nuez con pirolusita logran remover el 97% de Cu (II) en soluciones acuosas.

La Figura 18, se observa las cantidades de porcentaje de remoción de Cr (VI) de los quince estudios incluidos, aplicando las cáscaras naturales como bioadsorbentes, donde logran remover del 70 a 99% de eliminación de cromo hexavalente.

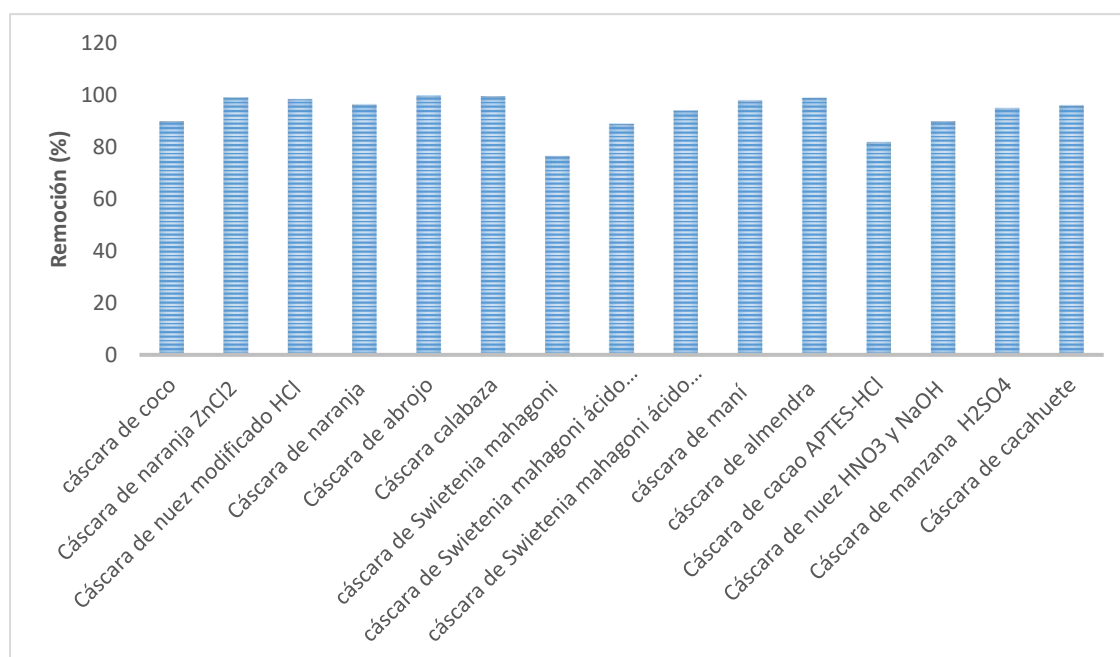


Figura 18. Porcentaje de remoción de Cr (VI)

En la figura 18, se mostró que la cáscara de naranja modificado con ZnCl₂, cáscara calabaza y cáscara de almendra obtuvieron el 99 % de remoción de cromo hexavalente, dando conocer que las cáscaras son eficientes para el tratamiento de agua como bioadsorbente.

V. DISCUSIÓN

La revisión sistemática demostró que las cáscaras naturales son absorbentes eficientes para el tratamiento de aguas contaminadas, obteniendo porcentajes superiores al 70% en la remoción de Pb (II), Cd (II), Cu (II) Cr (VI). Según Albis (2017) menciona que, la remoción se produce cuando las partículas de los metales pesados son atraídas a una superficie sólida a través de una fuerza física. Como es el caso de Šabanović et al. (2020) que estudiaron la cáscara de limón modificada con HNO₃, Na y NaOH para la eliminación de Pb (II), logrando el 87% de remoción a pH 5 con tamaño de partícula de 0.25mm. Asimismo, Guo et al. (2011) investigaron la cáscara de naranja modificada con NaOH y HCL para la eliminación de Cd (II), logrando remover el 90% a pH 6 con tamaño de partícula de 0.0475 mm. Del mismo modo, Penpun et al. (2011) estudiaron las cáscaras de pomelo depectinada y sin modificar para la eliminación de Cu (II), demostrando el 84 y 83% de remoción respectivamente, en condiciones de pH 4, con tamaño de partícula 0,42mm. De igual forma, El Nemr et al. (2020) utilizaron las cáscaras de naranja modificadas con ZnCl₂, para la remoción del cromo hexavalente, logrando el 99.12% de eliminación a pH 6 con granulometría de 0.10mm. El factor que intervino en el tratamiento de adsorción fue el pH, como es el caso de la cáscara de limón y la cáscara de pomelo dado que trabajaron con pH ácidos, en comparación con las investigaciones que utilizaron las cáscaras de naranja que trabajaron con pH ligeramente ácido.

Por otro lado, los tamaños de partículas de las cáscaras naturales en el tratamiento de Pb (II) fueron de 0.047 a 37 mm, para Cd (II) fue de 0.00022 a 125 mm, para Cu (II) fue de 0.2 a 1mm y para Cr (VI) fue de 0.10 a 446mm. Según Jáuregui (2015) menciona que, la disminución del tamaño de partícula es favorable debido que genera mayor área superficial mejorando el proceso del tratamiento de absorción. Por otro lado, los valores de pH para Pb (II) fue de 4 a 6, para Cd (II) fue de pH 4 a 7.5, para Cu (II) fue de pH de 4 a 7 y para Cr (VI) fue de pH de 1 a 6.5. Según Martínez et al. (2006) manifiestan que, el pH es la variable importante que afecta a la adsorción de los iones metálicos. Esto se relaciona con Enguenerler et al. (2020), que estudiaron la cáscara de limón para la eliminación de Pb (II) con granulometría de 0.063mm, obteniendo el 90% de remoción a pH 4.5. Del mismo modo, Isis et al. (2017) mencionan que, la cáscara de Jatoba es

eficiente en la remoción de Cd (II), utilizaron granulometría de 0.25mm logrando eliminar el 99.6% del metal pesado en el agua a pH 7. De igual forma, Kumar y Narayan (2019) evaluaron las cáscaras de abrojo en condiciones operacionales con tamaño de partícula de 0.15mm y pH 2, demostrado tener capacidad de adsorción del 99.08% de Cr (VI). De modo similar, Pehlivan et al. (2012) utilizaron la cáscara de cebada con ácido cítrico a pH 7 y granulometría de 0.10mm logrando remover el 88% de Cu (II). Se deduce que, la porosidad de tamaño de partículas mientras más pequeña es el área superficial favorece el proceso de adsorción. Los resultados de los estudios de investigación demostraron que el aumento del porcentaje de remoción se debe al pH ácido.

La dosis óptima de las cáscaras naturales en el tratamiento de absorción de Pb (II), Cd (II), Cu (II) y Cr (VI) fueron estudiadas de acuerdo a los estudios incluidos de rango 0.1 a 10 g/L, 0.4 a 48 g/L, 0.2 a 10g/L y 0.25 a 1g/L respectivamente. Según Cataldo et al. (2017) estudiaron la cáscara de avellana modificado con NaNO_3 para la eliminación de Pb (II) y Cd (II), trabajaron con las condiciones operacionales con tamaño de partícula de 0.2mm y dosis de 5 g/L dando como resultado el 95.6 y 94.6% de remoción respectivamente. Asimismo, Lasheen et al. (2011) realizaron una investigación con cáscara de naranja modificado con HNO_3 y CaCl_2 para la eliminación de Cd (II), logrando remover el 85% con dosificación de 0.8g/L y tamaño de partícula de 0.2mm. Del mismo modo, Kosasih et al. (2010) utilizaron la cáscara de yuca para la eliminación de Cu (II), logrando remover el 99% con tamaño de partícula de 37mm y dosis 0,25 g/L. De la misma forma, Tejada et al. (2017) utilizaron la cáscara de cacao modificado con HCl y NaOH con dosificación de 5g/L y tamaño de partícula de 1 mm, logrando el 84% de eliminación de Cr (VI). Se deduce que, al aplicar la dosis en menor porción los materiales modificados presentan tener resultados favorables en la remoción de metales pesados.

Tejada et al. (2016) indican que, la capacidad de absorción no sólo depende de las propiedades de las cáscaras, sino de los mecanismos aplicados en el tratamiento. Por lo tanto, la capacidad de adsorción de plomo (II), cadmio (II), cobre (II) y cromo (VI) de los estudios incluidos, demostraron resultados favorables en rango de 2.5 a 230 mg/L para plomo (II), 3.7 a 142 mg/L, 5.80 a 142 mg/L para cobre (II) y 16 a 151 mg/L para cromo (VI). Por lo cual, Kai y Zhu (2012)

evaluaron la cáscara de melón modificada con $\text{Ca}(\text{OH})_2$, demostrando la capacidad máxima 167,8 mg/L de Pb (II), en condiciones operacional de pH 4.5 y dosis de 65 mg/L. Asimismo, Chen et al. (2018) examinaron la cáscara de lichi modificada con HNO_3 demostrando la capacidad máxima de absorción de 230.5 mg/L, con pH 5 y dosificación de 48 mg/l. De igual modo, Wang et al. (2020) utilizaron la cáscara de nuez modificada con pirolusita para la eliminación de cobre (II) en condiciones operacionales de pH 5 y dosis de 6 mg/L mostrando la capacidad máxima de absorción de 34.4mg/L. Por otro lado, Tejeda (2014) estudiaron la cáscara de ñame modificado con ácido cítrico, con tamaño de partícula de 1 mm, los resultados demostraron la capacidad de adsorción de 41,57 mg/L de Cr (VI). Los estudios indican que el uso de los adsorbentes modificados obtienen mayor ventaja en la capacidad de adsorción.

Las características fisicoquímicas del agua en los estudios incluidos, para los tratamientos de absorción de Pb (II), Cd (II), Cu (II) y Cr (VI) demostraron tener alta concentración de contaminantes en el agua sobrepasando los límites máximo permisible. Según Tate (2014) menciona que, la calidad del recurso hídrico es una condición que debe cumplirse para mantener un ambiente equilibrado y adecuado. Por lo cual, Vijayaraghav y Umid (2012) emplearon la cáscara de huevo para la eliminación de 1045 mg/L de plomo (II) utilizaron una dosificación de 10 g/L, logrando su capacidad de absorción de 577 mg/L. Asimismo, Yari et al. (2019) investigaron la cáscara de almendra para la eliminación de 200 mg/L de Cd (II) con tamaño de partícula 0.02 mm y dosis 0.1 g/L, demostrando la capacidad de absorción de 121.95 mg/L. De igual manera, Senthilkumar et al. (2010) estudiaron la cáscara de nuez para eliminar 50 mg/L de cobre (II) en soluciones acuosa, con tamaño de partícula de 0.074 mm y en dosis de 3 mg/L, logrando la capacidad de absorción de 20 mg/L. Por otro lado, Altún (2011) evaluaron la cáscara de nuez modificado con HNO_3 y NaOH para la eliminación de 100 mg/L de Cr (VI), trabajando con tamaño de partícula de 0.45mm y dosis 51 mg/L, obteniendo capacidad de absorción de 55 mg/L. La concentración final del contaminante en el agua de las investigaciones, fueron favorables de acuerdo a los límites máximos permisibles para el agua.

VI. CONCLUSIONES

La revisión sistemática demostró que las cáscaras naturales son eficientes como adsorbentes para la remoción de Pb (II), Cd (II), Cu (II) y Cr (VI) en aguas contaminadas, alcanzando valores de remoción de 92, 88, 86, 87% respectivamente. Los resultados más relevantes fueron:

1. Los estudios incluidos mostraron la capacidad de las cáscaras naturales como adsorbentes para el tratamiento de aguas contaminadas, obteniendo porcentajes de remoción que oscilan entre el 70% y el 100%
2. El análisis de las investigaciones demostró que la eficiencia de las cáscaras naturales como adsorbentes depende de las características como: velocidad de agitación, tamaño de partícula, pH, temperatura y tiempo de contacto.
3. El análisis de los estudios incluidos demostró mejores resultados de absorción cuando se trabajó en valores de pH de 4 a 6, 4 a 7.5, 4 a 7 y 1 a 6.5 para Pb (II), Cd (II), Cu (II) y Cr (VI), respectivamente.
4. Se identificó la procedencia de las aguas residuales, evaluándose la eficiencia de las cáscaras naturales, y demostrándose que se puede conseguir resultados favorables en la eliminación de los metales.

VII. RECOMENDACIONES

- Incluir investigaciones de diferentes bases de datos para brindar evidencias científicas sobre recursos renovables y prometedores en la remoción de diversos contaminantes.
- Evaluar la calidad de estudios incluidos utilizando una mejor escala de calidad que puede adaptarse a la investigación.
- Realizar el análisis de datos con software actualizados para el metaanálisis de la revisión sistemática.

REFERENCIAS

AGARWAL, et al. Una revisión sobre la valorización de la biomasa en la remoción de metales pesados de las aguas residuales. Revista de Ingeniería de Procesos de Agua, vol. 38, pág. 101602, 2020. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2020.101602>

ALTUN. Eliminación de Cr (VI) de soluciones acuosas mediante cáscaras de nueces modificadas. Química de los alimentos. vol. 132, n° 2, pág. 693-700, 2011. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.10.099>

ALBIS, Alberto. Remoción de Cromo Hexavalente de Soluciones Acuosas usando Cáscara de yuca (Manihot esculenta): Experimentos en Columna. 2017. Disponible en: <https://doi.org/10.17981/ingecuc.13.1.2017.04>

ANWAR, Jamil, et al. Removal of Pb (II) and Cd (II) from water by adsorption on peels of banana. Bioresource technology, vol. 101, n°6, p. 1752-1755 2010. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.10.021>

AKINHANMI, F et al. Orange Peel As Low-Cost Adsorbent In The Elimination Of Cd (II) Ions: Kinetics, Isotherm, Thermodynamic And Optimization Evaluations, 2020. Disponible en: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-20604/v2>

BANERJEE, M et al. Comparative study of adsorptive removal of Cr (VI) ion from aqueous solution in fixed bed column by peanut shell and almond shell using empirical models and ANN. Environmental Science and Pollution Research, 2017, vol. 24, no 11, p. 10604-10620. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-017-8582-8>

CATALDO, Salvatore, et al. A critical approach to the toxic metal ion removal by hazelnut and almond shells. Environmental Science and Pollution Research, 2018, vol. 25, no 5, p. 4238-4253. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0779-3>

CAVIEDES RUBIO, Diego et al. Tratamientos para la Remoción de Metales Pesados Comúnmente Presentes en Aguas Residuales Industriales. Una Revisión. Ingeniería y Región, 2015 vol. 13, n. 1, pp. 73. Disponible en: <https://173.236.137.230/index.php/iregion/article/view/710>

CHEN, Youning et al. Four different kinds of peels as adsorbents for the removal of Cd (II) from aqueous solution: Kinetics, isotherm and mechanism. Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers. 2018. vol. 88, pp. 146-151. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jtice.2018.03.046>

CHEN, et al. Varenyam. Adsorption of metals by watermelon-peel-derived biochar and mechanism in aqueous solution. Journal of Environmental Engineering and Science, 2020. Disponible en: <https://doi.org/10.1680/jenes.19.00026>

CONTI, Aldana et al. Producción de fibra textil a partir de cáscaras de cítricos. Universidad tecnológica nacional facultad regional villa maría, 2019. Disponible en: <https://ria.utn.edu.ar/handle/20.500.12272/4272>

DOKE y EJAZUDDIN. Equilibrio, mecanismo cinético y de difusión de la adsorción de Cr (VI) sobre carbón activado derivado de la cáscara de la manzana de madera. Revista árabe de química, vol. 10, pág. S252-S260, 2012 disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.arabjc.2012.07.031>

EL NEMR, A et al. Microporous nano-activated carbon type I derived from orange peel and its application for Cr (VI) removal from aquatic environment, 2020 Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s13399-020-00995-5>

ERGÜVENERLER, F; TARGAN, Ş y TIRTOM, V. Removal of lead from aqueous solutions by low cost and waste biosorbents (lemon, bean and artichoke shells). Water Science and Technology. vol. 81, no 1, p. 159-169, 2020. Disponible en: <https://doi.org/10.2166/wst.2020.093>

FABRE, E et al. Valuation of banana peels as an effective biosorbent for mercury removal under low environmental concentrations. Science of the Total Environment. 2020. vol. 709, pp. 135883. ISSN 18791026. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135883>

FOTSING, P, et al. Investigation of chromate and nitrate removal by adsorption at the surface of an amine-modified cocoa shell adsorbent. Journal of Environmental Chemical Engineering, p. 104618, 2020. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.104618>

GHASEMI et al. Application of modified maize hull for removal of Cu (II) ions from aqueous solutions. Environment protection engineering, 2017. Disponible en: <https://doi.org/10.5277/epe170408>

GUIZA, S. Biosorption of heavy metal from aqueous solution using cellulosic waste orange peel. Ecological Engineering, vol. 99, pp. 134-140, 2017. ISSN 09258574. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.11.043>

HERRERA, et al. Adsorción de níquel a partir de solución acuosa utilizando biomasa de piel de limón modificada químicamente con nanopartículas de TiO₂. Química y Farmacia Sostenible, 2020. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scp.2020.100299>

HUANG, Kai; ZHU, Hongmin. Removal of Pb 2+ from aqueous solution by adsorption on chemically modified muskmelon peel. Environmental Science and Pollution Research, vol. 20, no 7, p. 4424-4434, 2013. Disponible en: <https://doi.org/10.1007 / s11356-012-1361-7>

IZQUIERDO, A. Determinación de la dosis óptima del coagulante sulfato de aluminio aplicado en la planta de tratamiento de agua de la central termoeléctrica "El Descanso". Cuenca: Universidad de Cuenca. 2015. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/23008>

JÁUREGUI, J. Adsorción y desorción de iones plata sobre quitina y quitosano de Litopenaeu Vannamei. Tesis (Magister en Química). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2015. Disponible en: [http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/6851/JAUREGUI
I_JOHN_A](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/6851/JAUREGUI_JOHN_A)

KAMAR, F, et al. Removal of lead and cadmium ions from aqueous solution using walnut shells as low-cost adsorbent materials. Revista de Chimie, vol. 66, p. 615-620, 2015. Disponible en: <http://www.revistadechimie.ro/pdf/FIRAS%20H%20K.pdf%205%2015.pdf>

KAMAR, F, NECHIFOR, A. Removal of copper ions from industrial wastewater using walnut shells as a natural adsorbent material. UPB Bull. Series B, vol. 77,

no 3, p. 141, 2015. Disponible en:
https://www.scientificbulletin.upb.ro/rev_docs_arhiva/full1b2_465173.pdf

KUMAR, et al. Experimental and kinetic study of removal of lead (Pb+ 2) from battery effluent using sweet lemon (Citrus limetta) peel biochar adsorbent. Environment, Development and Sustainability, 2019. Disponible en:
<https://doi.org/10.1007/s10668-019-00389-2>

KOSASIH, A, et al. Sequestering of Cu (II) from aqueous solution using cassava peel (Manihot esculenta). Journal of hazardous materials, vol. 180, no 1-3, p. 366-374, 2010. disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2010.04.040>

KUMAR, S.; MEIKAP, B. C. Removal of chromium (VI) from waste water by using adsorbent prepared from green coconut shell. Desalination and Water Treatment, vol. 52, no 16-18, p. 3122-3132, 2014. Disponible en:
<https://doi.org/10.1080/19443994.2013.801796>

LASHEEN, et al. Adsorption/desorption of Cd (II), Cu (II) and Pb (II) using chemically modified orange peel: Equilibrium and kinetic studies. Solid State Sciences, vol. 14, no 2, p. 202-210, 2011. Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/j.solidstatesciences.2011.11.029>

LIANG et al. Adsorption of Pb²⁺ and Zn²⁺ from aqueous solutions by sulfured orange peel. Desalination, vol. 275, no 1-3, p. 212-216, 2011. Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/j.desal.2011.03.001>

LINO, A. Exploratory research applied as a didactic strategy in the laboratory. Revista Electrónica sobre Cuerpos Académicos y Grupos de Investigación. vol. 5, n. 2448-6280, pp. 10, 2018. Disponible en:
<http://www.cagi.org.mx/index.php/CAGI/article/view/184/364>

LONDOÑO, L et al. Los Riesgos De Los Metales Pesados En La Salud Humana Y Animal. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial. vol. 14, n. 2, pp. 145. ISSN 1909-9959, 2016. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.18684/BSA>

MARTINEZ, M y MORALES, C. Las Industrias curtiembres y su incidencia en la contaminación del Rio Bogotá, 2006. Disponible en:
http://www.academia.edu/27603969/Las_industrias_curtiembres_y_su_incidencia_en_la_contaminacion_del_rio_Bogota.

NEJADSHAFIEE y MOHAMMAD. Intelligent-activated carbon prepared from pistachio shells precursor for effective adsorption of heavy metals from industrial waste of copper mine. Environmental Science and Pollution Research, 2020. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11356-019-06732-4>

NTULI y PAKADE. Hexavalent chromium removal by polyacrylic acid-grafted Macadamia nutshell powder through adsorption–reduction mechanism: adsorption isotherms, kinetics and thermodynamics. Chemical Engineering Communications, 2020. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/00986445.2019.1581619>

OWAMAH. Biosorptive removal of Pb (II) and Cu (II) from wastewater using activated carbon from cassava peels. Journal of Material Cycles and Waste Management, vol. 16, no 2, p. 347-358, 2013. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10163-013-0192-z>

PARDAVÉ et al. Remoción de metales pesados desde efluentes mineros, mediante cáscaras de frutas. Aibi revista de investigación, administración e ingeniería. 2020, vol. 8, n. 1, pp. 21-28. ISSN 2346-030X. Disponible en: <https://doi.org/10.15649/2346030X.627>

PEHLIVAN, E.; ALTUN, T.; PARLAYICI, Ş. Modified barley straw as a potential biosorbent for removal of copper ions from aqueous solution. Food chemistry, vol. 135, no 4, p. 2229-2234, 2012. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.07.017>

RANGABHASHIYAM, S.; SELVARAJU, N. Efficacy of unmodified and chemically modified Swietenia mahagoni shells for the removal of hexavalent chromium from simulated wastewater. Journal of Molecular liquids vol. 209, p. 487-497. 2015. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2015.06.033>

ŠABANOVIĆ, et al. Simultaneous adsorption of heavy metals from water by novel lemon-peel based biomaterial. Polish Journal of Chemical Technology, 2020. Disponible en: <https://doi.org/10.2478/pjct-2020-0007>

SÁNCHEZ, Eva Martín. Aplicación e interpretación del meta-análisis en la evaluación de intervenciones sanitarias: tres ejemplos prácticos en dolor. Tesis Doctoral. Universidad Rey Juan Carlos, 2015.

Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=102180>

SENTHILKUMAR, P., et al. Removal of copper (II) ions from aqueous solution by adsorption using cashew nut shell. *Desalination*, vol. 266, no 1-3, p. 63-71, 2011. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.desal.2010.08.003>

SOUZA, Isis, et al. Preparation of biosorbents from the Jatoba (*Hymenaea courbaril*) fruit shell for removal of Pb (II) and Cd (II) from aqueous solution. *Environmental monitoring and assessment*, vol. 189, no 12, p. 632, 2017 Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10661-017-6330-7>

SULEMAN, Q, et al. Biosorption of lead (II) and chromium (VI) on groundnut hull: equilibrium, kinetics and thermodynamics study. *EJB, Electronic Journal of Biotechnology*, vol. 12, no 4. 2010 disponible en <https://doi.org/10.2225/vol12-issue4-fulltext-6>

SREENIVAS, K. M., et al. Re-utilization of ash gourd (*Benincasa hispida*) peel waste for chromium (VI) biosorption: Equilibrium and column studies. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, vol. 2, no 1, p. 455-462. 2014. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2014.01.017>

TASASO, Penpun. Adsorption of copper using pomelo peel and depectinated pomelo peel. *Journal of Clean Energy Technologies*, vol. 2, no 2, p. 154-157. 2014 disponible en: <https://doi.org/10.7763/JOCET.2014.V2.112>

TATE, D. Principles of efficient water use. vol. 2, 2014. Disponible en: <http://www.desastres.hn/docum/Honduras/PRINCIPIOSDELUSOEICIENTEDEL AGUA.pdf>

TEJADA, C, VILLABONA, Á; JIMÉNEZ, M. Chrome Removal hexavalent on chemically pre-treated cocoa waste. *UDCA Magazine News & Scientific Dissemination*, vol. 20, n° 1, p. 139-147, 2017. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-42262017000100016

TEJADA, C. Chrome (VI) biosorption in water using modified lignocellulosic material. *Engineering Education Magazine* vol. 9, no 17, p. 86-97, 2017 disponible en: <https://doi.org/10.26507/rei.v9n17.290>

TRELLES, J. A. Biosorción de arsénico en medio acuoso empleando biomazas vegetales inertes. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería, 2013.

Disponible en: <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/1152>

YAHYA, et al. Simultaneous and Continuous Biosorption of Cr and Cu (II) ions from Industrial Tannery Effluent using Almond Shell in a fixed bed column. Results in Engineering, 2020. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2020.100113>

VIJAYARAGHAVAN, K y UMID, M. Chicken eggshells remove Pb (II) ions from synthetic wastewater. Environmental Engineering Science, vol. 30, no 2, p. 67-73, 2013. Disponible en: <https://doi.org/10.1089/ees.2012.0038>

WANG, et al. Enhancing removal of Cu (II) from aqueous solution by walnut shell-based activated carbon with pyrolusite modification. International Journal of Environmental Analytical Chemistry, 2020. disponible en: <https://doi.org/10.1080/03067319.2020.1814268>

WWAP. Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos. The United Nations World Water Development Report. pp. 148, 2016, ISBN 9789233000353. Disponible en: <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/igo/deed.es>

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de operacionalización de variables

Revisión sistemática y meta-análisis sobre la eficiencia de cáscaras naturales en la remoción de metales pesados en aguas contaminadas

VARIABLES		DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN/ UNIDADES
I N D E N D I E N T E	cáscaras naturales	Las cáscaras naturales tienen la capacidad de adsorción puesto que las paredes de biomasa contienen lípidos, proteínas, polisacáridos, amino, fosfato, sulfato, carboxil, hidroxil, tiol y una escala de grupos funcionales. (PARDAVÉ, 2020)	La investigación fue realizada mediante una revisión sistemática y meta-análisis, se identificó las características físicas, químicas y condiciones operacionales para la evaluación de la eficiencia de las cáscaras naturales como absorbentes	Investigaciones	Área temática	Nominal
					Tipo de documento	
				Características físicas	masa	g
					tamaño	mm
					Tiempo de agitación	rpm
				Características químicas	Análisis de la muestra	-
				Condiciones operacionales	Dosis óptima	mg/l
					pH óptimo	1 -14
Temperatura	°C					
Tiempo de contacto	minutos					
D E P E N D I E N T E	Remoción de Pb, Cd, Cu y Cr en aguas contaminadas	La remoción es un proceso que permite la captación de diversos elementos químicos por una biomasa, a través de mecanismos fisicoquímicos, es utilizada como una alternativa para reducir porcentajes de iones metálicos (Pinzón y Vera 2009)	De acuerdo a los estudios incluidos, se evaluaron los parámetros fisicoquímicos del agua en función del porcentaje de remoción. $\%R = \frac{(C_i - C_f)}{C_i} \times 100$ Donde: %R: Porcentaje de remoción C_i: Concentración inicial C_f: Concentración final	Parámetros fisicoquímicos	Concentración del metal	mg/l
					pH	1 -14
					Temperatura	°C
				Porcentaje de remoción de metales pesados	Concentración inicial	%
					Concentración final	

Anexo 2. Instrumentos de recolección de datos

Ficha 1: Características de los estudios incluidos en la revisión

Ficha 1. Características de los estudios incluidos en la revisión								
Título	Revisión sistemática y meta-análisis sobre la eficiencia de cáscaras naturales en la remoción de Pb, Cd, Cu y Cr en aguas contaminadas							
Línea de Investigación	Tratamiento y Gestión de los Residuos							
Responsables	De la Cruz Vilchez, Julia							
	Quiroz Alcocer, Helen							
Asesor	Dr. Castañeda Olivera, Carlos Alberto							
N°	Absorbente	Metal	Proceso	Condiciones operacionales	Resultados	Conclusión	Ámbito geográfico	Referencia
Observaciones								



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



Dr. Eusebio Horacio Acosta Suasnabar
 CIP N° 25450

Atentamente,


Juan Julio Ordóñez Galvez
 DNI: 08447308

Ficha 1. validación de instrumento

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- I.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Castaña Olivera, Carlos Alberto**
 I.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/UCV Lima Norte**
 I.3. Especialidad o línea de investigación: **Tecnología Mineral y Ambiental**
 I.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Características de los estudios incluidos en la revisión**
 I.5. Autor(a) de Instrumento: **De la cruz Vilchez, Julia Rossysela/ Quiroz Alcocer, Helen Marylin**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

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

SI
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 02 de diciembre del 2020


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

Ficha 1. validación de instrumento

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- I.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Acosta Suasnabar, Eusterio Horacio**
 I.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/UCV Lima Norte**
 I.3. Especialidad o línea de investigación: **Ingeniería Química y Ambiental**
 I.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Características de los estudios incluidos en la revisión**
 I.5. Autor(a) de Instrumento: **De la cruz Vilchez, Julia Rossysela/ Quiroz Alcocer, Helen Marylin**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

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

SI
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 02 de diciembre del 2020


 Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar
 CIP N° 25450

Ficha 1. validación de instrumento

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- I.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Ordoñez Gálvez, Juan Julio**
 I.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/UCV Lima Norte**
 I.3. Especialidad o línea de investigación: **Hidrología y Medio Ambiente**
 I.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Características de los estudios incluidos en la revisión**
 I.5. Autor(a) de Instrumento: **De la cruz Vilchez, Julia Rossysela/ Quiroz Alcocer, Helen Marylin**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

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

SI
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 02 de diciembre del 2020

Atentamente,

 Juan Julio Ordoñez Gálvez
 DNI: 08447308

Ficha 2. Características fisicoquímicas del absorbente

Ficha 2. Características fisicoquímicas del absorbente						
Título	Revisión sistemática y meta-análisis sobre la eficiencia de cáscaras naturales en la remoción de Pb, Cd, Cu y Cr en aguas contaminadas					
Línea de Investigación	Tratamiento y Gestión de los Residuos					
Responsables	De la Cruz Vilchez, Julia					
	Quiroz Alcocer, Helen					
Asesor	Dr. Castañeda Olivera, Carlos Alberto,					
N°	Absorbentes	Características físicas			Características químicas	Referencia
		Masa (g)	Tamaño (mm)	Tiempo de agitación (rpm)		
Observaciones						


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


Dr. Eusebio Horacio Acosta Suasnabar
 CIP N° 25450

Atentamente,

Juan Julio Ordoñez Galvez
 DNI: 08447308

Ficha 2. validación de instrumento

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- I.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Castaña Olivera, Carlos Alberto**
 I.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/UCV Lima Norte**
 I.3. Especialidad o línea de investigación: **Tecnología Mineral y Ambiental**
 I.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Características fisicoquímicas del absorbente**
 I.5. Autor(a) de Instrumento: **De la cruz Vilchez, Julia Rossysela/ Quiroz Alcocer, Helen Marylin**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

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

SI
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 02 de diciembre del 2020


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

Ficha 2. validación de instrumento

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- I.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Acosta Suasnabar, Eusterio Horacio**
 I.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/UCV Lima Norte**
 I.3. Especialidad o línea de investigación: **Ingeniería Química y Ambiental**
 I.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Características fisicoquímicas del absorbente**
 I.5. Autor(a) de Instrumento: **De la cruz Vilchez, Julia Rossysela/ Quiroz Alcocer, Helen Marylin**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

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

SI
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 02 de diciembre del 2020


 Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar
 CIP N° 25450

Ficha 2. validación de instrumento

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- I.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Ordoñez Gálvez, Juan Julio**
 I.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/UCV Lima Norte**
 I.3. Especialidad o línea de investigación: **Hidrología y Medio Ambiente**
 I.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Características fisicoquímicas del absorbente**
 I.5. Autor(a) de Instrumento: **De la cruz Vilchez, Julia Rossysela/ Quiroz Alcocer, Helen Marylin**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

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

SI
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90 %

Lima, 02 de diciembre del 2020

Atentamente,

 Juan Julio Ordoñez Gálvez
 DNI: 08447308

Ficha 3. Condiciones operacionales de los absorbentes

Ficha 3. Condiciones operacionales de los absorbentes						
Título	Revisión sistemática y meta-análisis sobre la eficiencia de cáscaras naturales en la remoción de Pb, Cd, Cu y Cr en aguas contaminadas					
Línea de Investigación	Tratamiento y Gestión de los Residuos					
Responsables	De la Cruz Vilchez, Julia Quiroz Alcocer, Helen					
Asesor	Dr. Castañeda Olivera, Carlos Alberto					
N°	Absorbente	Dosis óptima (g/L)	pH óptimo	Temperatura °C	Tiempo de contacto (min)	Observación
Observaciones						


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


Dr. Eusebio Horacio Acosta Suasnabar
 CIP N° 25450


 Atentamente,
Juan Julio Ordoñez Galvez
 DNI: 08447308

Ficha 3. validación de instrumento

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- I.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Castaña Olivera, Carlos Alberto**
 I.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/UCV Lima Norte**
 I.3. Especialidad o línea de investigación: **Tecnología Mineral y Ambiental**
 I.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Condiciones operacionales de los absorbentes**
 I.5. Autor(a) de Instrumento: **De la cruz Vilchez, Julia Rossysela/ Quiroz Alcocer, Helen Marylin**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

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

SI
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 02 de diciembre del 2020


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

Ficha 3. validación de instrumento

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- I.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Acosta Suasnabar, Eusterio Horacio**
 I.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/UCV Lima Norte**
 I.3. Especialidad o línea de investigación: **Ingeniería Química y Ambiental**
 I.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Condiciones operacionales de los absorbentes**
 I.5. Autor(a) de Instrumento: **De la cruz Vilchez, Julia Rossysela/ Quiroz Alcocer, Helen Marylin**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

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

SI
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 02 de diciembre del 2020


 Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar
 CIP N° 25450

Ficha 3. validación de instrumento

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- I.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Ordoñez Gálvez, Juan Julio**
 I.1. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/UCV Lima Norte**
 I.2. Especialidad o línea de investigación: **Hidrología y Medio Ambiente**
 I.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Condiciones operacionales de los absorbentes**
 I.4. Autor(a) de Instrumento: **De la cruz Vilchez, Julia Rossysela/ Quiroz Alcocer, Helen Marylin**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

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

SI
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90 %

Lima, 02 de diciembre del 2020


 Juan Julio Ordoñez Gálvez
 DNI: 08447308

Ficha 4. Características fisicoquímicas de la muestra de agua contaminada

Ficha 4. Características fisicoquímicas de la muestra de agua contaminada					
Título	Revisión sistemática y meta-análisis sobre la eficiencia de cáscaras naturales en la remoción de Pb, Cd, Cu y Cr en aguas contaminadas				
Línea de Investigación	Tratamiento y Gestión de los Residuos				
Responsables	De la Cruz Vilchez, Julia Quiroz Alcocer, Helen				
Asesor	Dr. Castañeda Olivera, Carlos Alberto				
N°	Autor	Procedencia de la muestra	Parámetros		Observaciones
			Temperatura °C	pH	
Observaciones					


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


Dr. Eusebio Horacio Acosta Suasnabar
 CIP N° 25450

Atentamente,

Juan Julio Ordoñez Gallego
 DNI: 08447308

Ficha 4. validación de instrumento

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- I.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Castaña Olivera, Carlos Alberto**
 I.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/UCV Lima Norte**
 I.3. Especialidad o línea de investigación: **Tecnología Mineral y Ambiental**
 I.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Características fisicoquímicas de la muestra de agua contaminada**
 I.5. Autor(a) de Instrumento: **De la cruz Vilchez, Julia Rossysela/ Quiroz Alcocer, Helen Marylin**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

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

SI
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 02 de diciembre del 2020


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

Ficha 4. validación de instrumento

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- I.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Acosta Suasnabar, Eusterio Horacio**
 I.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/UCV Lima Norte**
 I.3. Especialidad o línea de investigación: **Ingeniería Química y Ambiental**
 I.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Características fisicoquímicas de la muestra de agua contaminada**
 I.5. Autor(a) de Instrumento: **De la cruz Vilchez, Julia Rossysela/ Quiroz Alcocer, Helen Marylin**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

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

SI
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 02 de diciembre del 2020


Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar
CIP N° 25450

Ficha 4. validación de instrumento

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

II. DATOS GENERALES

- II.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Ordoñez Gálvez, Juan Julio**
 II.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/UCV Lima Norte**
 II.3. Especialidad o línea de investigación: **Hidrología y Medio Ambiente**
 II.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Características fisicoquímicas de la muestra de agua contaminada**
 II.5. Autor(a) de Instrumento: **De la cruz Vilchez, Julia Rossysela/ Quiroz Alcocer, Helen Marylin**

III. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

IV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

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

SI
-

V. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 02 de diciembre del 2020

Atentamente,

 Juan Julio Ordoñez Gálvez
 DNI: 08447308

Ficha 5. Seguimiento de remoción de metales pesados

Ficha 5. Seguimiento de remoción de metales pesados

Título									
Revisión sistemática y meta-análisis sobre la eficiencia de cáscaras naturales en la remoción de Pb, Cd, Cu y Cr en aguas contaminadas									
Línea de Investigación									
Tratamiento y Gestión de los Residuos									
Responsables									
De la Cruz Vilchez, Julia									
Quiroz Alcocer, Helen									
Asesor									
Dr. Castañeda Olivera, Carlos Alberto									
N°	Absorbentes	Metal	Concentración de efluentes (mg/L)	Concentración 1 (mg/L)	Concentración 2 (mg/L)	Porcentaje de remoción 1 (%)	Porcentaje de remoción 2 (%)	Estudios de Modelo Isoterma	Observación
Observaciones									


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


Dr. Eusebio Horacio Acosta Suasnabar
 CIP N° 25450


Juan Julio Ordoñez Galvez
 DNI: 08447308

Ficha 5. validación de instrumento

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- I.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Castaña Olivera, Carlos Alberto**
 I.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/UCV Lima Norte**
 I.3. Especialidad o línea de investigación: **Tecnología Mineral y Ambiental**
 I.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Seguimiento de remoción de metales pesados**
 I.5. Autor(a) de Instrumento: **De la cruz Vilchez, Julia Rossysela/ Quiroz Alcocer, Helen Marylin**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

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

SI
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 02 de diciembre del 2020


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

Ficha 5. validación de instrumento

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- I.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Acosta Suasnabar, Eusterio Horacio**
 I.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/UCV Lima Norte**
 I.3. Especialidad o línea de investigación: **Ingeniería Química y Ambiental**
 I.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Seguimiento de remoción de metales pesados**
 I.5. Autor(a) de Instrumento: **De la cruz Vilchez, Julia Rossysela/ Quiroz Alcocer, Helen Marylin**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

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

SI
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 02 de diciembre del 2020


Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar
CIP N° 25450

Ficha 5. validación de instrumento

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- I.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Ordoñez Gálvez, Juan Julio**
 I.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/UCV Lima Norte**
 I.3. Especialidad o línea de investigación: **Hidrología y Medio Ambiente**
 I.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Seguimiento de remoción de metales pesados**
 I.5. Autor(a) de Instrumento: **De la cruz Vilchez, Julia Rossysela/ Quiroz Alcocer, Helen Marylin**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

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

SI
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 02 de diciembre del 2020

Atentamente,

 Juan Julio Ordoñez Gálvez
 DNI: 08447308

Ficha 6. Aplicación de absorbentes y remoción de metales pesados

Ficha 6. Aplicación de absorbentes y remoción de metales pesados										
Título	Revisión sistemática y meta-análisis sobre la eficiencia de cáscaras naturales en la remoción de Pb, Cd, Cu y Cr en aguas contaminadas									
Línea de Investigación	Tratamiento y Gestión de los Residuos									
Representantes	De la Cruz Vilchez, Julia									
	Quiroz Alcocer, Helen									
Asesor	Dr. Castañeda Olivera, Carlos Alberto									
AUTOR	Metal	Concentración inicial	Concentración 1 (mg/L)	Concentración 2 (mg/L)	Porcentaje 1 (%)	porcentaje 2 (%)	Condiciones Operacionales			
							Dosis	pH	Tiempo (min)	Temperatura (°C)
Observaciones										

Ficha 6. validación de instrumento

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- I.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Castaña Olivera, Carlos Alberto**
 I.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/UCV Lima Norte**
 I.3. Especialidad o línea de investigación: **Tecnología Mineral y Ambiental**
 I.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Aplicación de absorbentes y remoción de metales pesados**
 I.5. Autor(a) de Instrumento: **De la cruz Vilchez, Julia Rossysela/ Quiroz Alcocer, Helen Marylin**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

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

SI
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 02 de diciembre del 2020


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

Ficha 6. validación de instrumento

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- I.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Acosta Suasnabar, Eusterio Horacio**
 I.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/UCV Lima Norte**
 I.3. Especialidad o línea de investigación: **Ingeniería Química y Ambiental**
 I.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Aplicación de absorbentes y remoción de metales pesados**
 I.5. Autor(a) de Instrumento: **De la cruz Vilchez, Julia Rossysela/ Quiroz Alcocer, Helen Marylin**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

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

SI
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 02 de diciembre del 2020


 Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar
 CIP N° 25450

Ficha 6. validación de instrumento

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- I.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Ordoñez Gálvez, Juan Julio**
 I.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/UCV Lima Norte**
 I.3. Especialidad o línea de investigación: **Hidrología y Medio Ambiente**
 I.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Aplicación de absorbentes y remoción de metales pesados**
 I.5. Autor(a) de Instrumento: **De la cruz Vilchez, Julia Rossysela/ Quiroz Alcocer, Helen Marylin**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

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

SI
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 02 de diciembre del 2020

Atentamente,

 Juan Julio Ordoñez Gálvez
 DNI: 08447308

Ficha 7. Calidad metodológica de los estudios incluidos

Ficha 7. Calidad metodológica de los estudios incluidos							
Título	Revisión sistemática y meta-análisis sobre la eficiencia de cáscaras naturales en la remoción de Pb, Cd, Cu y Cr en aguas contaminadas						
Línea de Investigación	Tratamiento y Gestión de los Residuos						
Representantes	De la Cruz Vilchez, Julia Quiroz Alcocer, Helen						
Asesor	Dr. Carlos Alberto, Castañeda Olivera						
Estudios	Newcastle-Ottawa modificada						
	Selección		Resultado			Datos específicos	
	Representatividad	Exposición	Periodo de aplicación	Cantidad absorbida	Porcentaje de Remoción	Seguimiento	Toxicidad
Observaciones							



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



Dr. Eusebio Horacio Acosta Suasnabar
 CIP N° 25450

Atentamente,


Juan Julio Ordoñez Galvez
 DNI: 08447308

Ficha 7. validación de instrumento

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- I.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Castaña Olivera, Carlos Alberto**
 I.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/UCV Lima Norte**
 I.3. Especialidad o línea de investigación: **Tecnología Mineral y Ambiental**
 I.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Calidad metodológica de los estudios incluidos**
 I.5. Autor(a) de Instrumento: **De la cruz Vilchez, Julia Rossysela/ Quiroz Alcocer, Helen Marylin**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

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

SI
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 02 de diciembre del 2020


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

Ficha 7. validación de instrumento

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- I.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Acosta Suasnabar, Eusterio Horacio**
 I.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/UCV Lima Norte**
 I.3. Especialidad o línea de investigación: **Ingeniería Química y Ambiental**
 I.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Calidad metodológica de los estudios incluidos**
 I.5. Autor(a) de Instrumento: **De la cruz Vilchez, Julia Rossysela/ Quiroz Alcocer, Helen Marylin**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

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

SI
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 02 de diciembre del 2020


Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar
CIP N° 25450

Ficha 7. validación de instrumento

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- I.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Ordoñez Gálvez, Juan Julio**
 I.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/UCV Lima Norte**
 I.3. Especialidad o línea de investigación: **Hidrología y Medio Ambiente**
 I.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Calidad metodológica de los estudios incluidos**
 I.5. Autor(a) de Instrumento: **De la cruz Vilchez, Julia Rossysela/ Quiroz Alcocer, Helen Marylin**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

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

SI
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 02 de diciembre del 2020

Atentamente,

 Juan Julio Ordoñez Gálvez
 DNI: 08447308