



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Residuos agrícolas empleados para la adsorción y remoción
de la contaminación del medio hídrico por manganeso:**

Revisión sistemática

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Ambiental

AUTORES:

Chavez Espinoza, Peter Lenin ([orcid.org/ 0000-0001-6313-1874](https://orcid.org/0000-0001-6313-1874))

Fernandez Goicochea, Reimer (orcid.org/0000-0001-5962-7658)

ASESOR:

Mg. Herrera Díaz, Marco Antonio ([orcid.org/ 0000-0002-8578-4259](https://orcid.org/0000-0002-8578-4259))

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Tratamiento y Gestión de los Residuos

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA – PERÚ
2022

DEDICATORIA

A mi familia, por su amor, dedicación y cuidado pues sin ellos jamás lo hubiera conseguido.

Especialmente a Dios que cumplió el deseo de mi corazón de alcanzar mi meta y hoy que he terminado este logro, pongo en sus manos, mi vida y sueños futuros.

A mis padres por su constante apoyo, compañía, comprensión, amistad y afecto durante mi existencia y en especial en el transcurso de mi carrera.

A Dios por llenarme cada día de bendiciones y por las oportunidades ofrecidas en el trayecto de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

De mi especial agradecimiento a:

A nuestro Asesor Mg. Marco Antonio Herrera Días, por sus valiosas sugerencias y acertados aportes durante el desarrollo del Taller de tesis.

A mi compañero de tesis por su calidez y su compañerismo al compartir éxitos y fracasos durante la realización y redacción del trabajo de tesis.

A la Universidad Cesar Vallejo, por su valiosa colaboración en el desarrollo del Taller de Tesis.

Índice de contenido

Carátula	ii
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenido	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vi
Índice de gráficos	vii
Índice de abreviaturas	vii
Resumen	viii
Abstract	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	14
3.1. Tipo y diseño de investigación	14
3.2. Categoría, subcategoría y matriz de categorización	14
3.3. Escenario de estudio.....	16
3.4. Participantes	16
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	16
3.6. Procedimiento	16
3.7. Rigor científico	18
3.8. Método de análisis de información	18
3.9. Aspectos éticos	19
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	20
V. CONCLUSIONES.....	27
VI. RECOMENDACIONES.....	28
REFERENCIAS	
ANEXOS	

Índice de tablas

<i>Tabla 1. Límites admisibles de diferentes metales pesados en el agua potable</i>	5
<i>Tabla 2. Diferentes residuos agrícolas como adsorbentes para la remoción de Mn del medio hídrico</i>	9
<i>Tabla 3. Matriz de Categorización Apriorística</i>	15
<i>Tabla 4. Residuos agrícolas empleados como adsorbentes</i>	20
<i>Tabla 5. Mecanismos de adsorción de los residuos agrícolas</i>	22
<i>Tabla 6. Factores que afectan en la eficiencia de los residuos agrícolas</i>	23

Índice de figuras

<i>Figura 1. Mecanismos moleculares implicados en la toxicidad inducida por el Mn en el sistema nervioso central</i> -----	6
<i>Figura 2. Proceso de adsorción que involucra adsorbente y adsorbato</i> -----	8

Índice de gráficos

Gráfico 1. Procedimiento de selección de artículos-----17

Índice de abreviaturas

AAS	: Espectrofotómetro de Absorción Atómica
SPSP	: Strychnouspotatorumpolvo de semillas
GBP	: Cáscaras de plátano injertadas
MSP	: Vainas de semillas de Moringa oleifera
MNS	: Cáscara de nuez Sclerocarya birrea
CC	: Mazorca de maíz

Resumen

El objetivo del presente estudio fue estudiar los residuos agrícolas empleados para la adsorción y remoción de la contaminación del medio hídrico por manganeso; para lo cual se empleó una metodología aplicada de diseño no experimental, recolectando 89 estudios de los cuales quedaron seleccionaron 28 al estudio.

Mediante los resultados se obtuvo que, los residuos agrícolas empleados como adsorbentes son en primer lugar los residuos generados para el proceso de elaboración de cereales de primavera presentando un 60% de aplicación, seguido de los cereales de invierno con un 24% y por último los industriales un 16%. Los mecanismos de adsorción de los residuos agrícolas empleados para la adsorción y remoción del manganeso son procesos complejos que implica la unión de iones metálicos y adsorbentes mediante enlaces físicos o químicos, quelación, reducción, precipitación y complejación. Por último, los factores que afectan en la eficiencia de los residuos agrícolas empleados para la adsorción y remoción depende de varios factores; entre estos el pH de la solución, la dosis de adsorbente, el tamaño de partícula del adsorbente, el tiempo de contacto, la temperatura y la concentración de manganeso. Además, el pH preferido para la eliminación de manganeso oscila entre 5 y 7.

Palabras clave: residuos agrícolas, adsorción, intercambio iónico, ácido-base, hídrico

Abstract

The objective of this study was to study the agricultural residues used for the adsorption and removal of manganese contamination of the water environment; for this purpose, an applied methodology of non-experimental design was used, collecting 89 studies from which 28 were selected for the study.

The results showed that the agricultural residues used as adsorbents are in the first place the residues generated for the process of elaboration of spring cereals with 60% of application, followed by winter cereals with 24% and finally the industrial ones with 16%. The adsorption mechanisms of agricultural residues used for manganese adsorption and removal are complex processes involving the binding of metal ions and adsorbents by physical or chemical bonds, chelation, reduction, precipitation and complexation. Finally, the factors affecting the efficiency of agricultural residues used for adsorption and removal depend on several factors; among these are solution pH, adsorbent dosage, adsorbent particle size, contact time, temperature and manganese concentration. In addition, the preferred pH for manganese removal ranges from 5 to 7.

Keywords: agricultural residues, adsorption, ion exchange, acid-base, hydric.

I. INTRODUCCIÓN

El agua es esencial para todo el desarrollo socioeconómico y para mantener unos ecosistemas sanos, sin embargo, en los últimos años, la seguridad del agua se ha convertido en un problema mundial, ya que, a medida que aumenta la población se intensifica la presión sobre los recursos hídricos (Omar S. et al., 2019, p.2).

Además, el desarrollo socioeconómico requiere mayores asignaciones de agua subterránea y superficial para los sectores doméstico, agrícola e industrial, lo que impone una presión excesiva sobre los recursos hídricos (Jaweb A. et al., 2020, p.1).

Así mismo, el rápido desarrollo industrial ha aumentado la contaminación de los recursos hídricos, donde los desechos masivos descargados de fuentes domésticas, industriales y comerciales terminaron en los cuerpos de agua (Lee Ingyu et al., 2017, p.1). Esto incluye la descarga de metales pesados directa o indirectamente al agua, donde los metales pesados son elementos naturales del medio ambiente hasta que exceden una densidad superior a 5 g/cm^3 (Alvarez B. et al., 2018, p.3).

Ante ello, el manganeso es uno de los metales pesados que ha sido ampliamente utilizado en la producción de acero y es un metal fácilmente oxidable, químicamente activo y fuerte con una densidad de $7,43 \text{ g/cm}^3$ (Chen Pan et al., 2018, p.2).

Por causa del creciente número de producción de acero en todo el mundo, la contaminación por manganeso en las fuentes de agua se ha convertido en un problema grave (Abbas A. et al., 2016, p.2). Ello debido a que se informó por La Asociación Mundial del Acero (2019) que la demanda mundial de acero en 2019 había aumentado un 1,3% (1.735 millones de toneladas) desde 2018 y para 2020, se predijo que la demanda crecería un 1,0%, alcanzando los 1.752 millones de toneladas (Tobiason J. et al., 2016, p.1).

Las fuentes puntuales de contaminación por manganeso derivadas de la planta de tratamiento de aguas residuales, la operación de la cantera de la mina y la descarga de efluentes industriales vienen incrementando la contaminación por manganeso (Carolín C. et al., 2017, p.1).

Siendo así reflejado en los daños a la calidad del agua, además, el manganeso en el sistema de agua potable también contribuye a la formación de capas de óxido en las

tuberías corroídas; como resultado, el flujo de agua se ve afectado, deteriorando la calidad del agua (Zhao M. et al., 2016, p.2).

Así también, aunque la deficiencia de manganeso es rara, en contraste, el envenenamiento por Mn puede ocurrir por sobreexposición a este metal (Du Xing et al., 2019, p.3). El exceso de Mn tiende a acumularse en el hígado, el páncreas, los huesos, los riñones y el cerebro, siendo este último el objetivo principal de la intoxicación por Mn (Norherdawati K. et al., 2017, p.1). Además, se han informado cirrosis hepática, policitemia, hipermanganesemia, distonía y síntomas similares al parkinsonismo en pacientes con envenenamiento por manganeso (Rose P. et al., 2017, p.2).

Por tal motivo, buscando un método eficiente y accesible se busca profundizar en la adsorción como proceso para la remoción de manganeso y ello aplicando adsorbentes de desechos agrícolas. Ya que, estos se encuentran recibiendo gran interés debido a su bajo costo y alta eficiencia (99%) en la eliminación de manganeso (Afroze D. et al., 2018, p.1).

Ante lo expuesto, el presente estudio plantea como problema general: ¿Cuáles son los residuos agrícolas empleados para la adsorción y remoción de la contaminación del medio hídrico por manganeso?

Así mismo, como problemas específicos se tiene:

PE1: ¿Cuáles son los residuos agrícolas empleados como adsorbentes para la adsorción y remoción de la contaminación del medio hídrico por manganeso?

PE2: ¿Cuáles son los mecanismos de adsorción de los residuos agrícolas empleados para la adsorción y remoción de la contaminación del medio hídrico por manganeso?

PE3: ¿Cuáles son los factores que afectan en la eficiencia de los residuos agrícolas empleados para la adsorción y remoción de la contaminación del medio hídrico por manganeso?

Como objetivo general del estudio, se tiene: Estudiar los residuos agrícolas empleados para la adsorción y remoción de la contaminación del medio hídrico por manganeso.

Así mismo, los objetivos específicos son:

OE1: Clasificar los residuos agrícolas empleados como adsorbentes para la adsorción y remoción de la contaminación del medio hídrico por manganeso

OE2: Identificar los mecanismos de adsorción de los residuos agrícolas empleados para la adsorción y remoción de la contaminación del medio hídrico por manganeso

OE3: Seleccionar los factores que afectan en la eficiencia de los residuos agrícolas empleados para la adsorción y remoción de la contaminación del medio hídrico por manganeso

Debido a la creciente contaminación de los medios hídricos por manganeso se ha convertido en la causa para encontrar procesos de tratamientos que enfrenten el desafío de eliminar el manganeso de manera eficiente y a bajo costo, para lo cual se desarrollará la revisión sistemática de diversas literaturas actualizadas a nivel nacional e internacional, siendo esta la razón por la que el estudio presenta una justificación teórica. Así también el estudio va dirigido a los futuros tesisistas, buscando despertar interés e incentivar a la realización de estudios prácticos y mejorados de los ya existentes.

II. MARCO TEÓRICO

La creciente presión sobre los recursos de agua dulce es actualmente motivo de gran preocupación; ya que, se calcula que unos 166 millones de personas de 18 países se ven afectadas por la escasez de agua y otros 270 millones de personas de 11 países sufren estrés hídrico (Farrag A. et al., 2017, p.3).

Además, se calcula que en la Tierra viven aproximadamente 7.400 millones de personas, según la División de Población del Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas (Thapa R. et al., 2016, p.3). A medida que la población mundial aumenta, se produce un descenso anual en la accesibilidad al agua limpia y segura, a pesar de ser una de las necesidades humanas más básicas (Gerke T. et al., 2016, p.1).

También se ha informado de que casi 900 millones de personas en todo el mundo carecen de acceso a un suministro de agua mejorado y 2.600 millones a un saneamiento básico (Bouchard M. et al., 2018, p.2). Además, la demanda de agua aumenta cada año como consecuencia del auge de la población mundial y se prevé que más de 2.800 millones de personas en 48 países carecerán de acceso a un suministro adecuado de agua para 2025 (Dion L. et al., 2018, p.3).

También el desarrollo urbano sin un plan adecuado suele provocar problemas medioambientales, como el deterioro de la calidad del agua de ríos, lagos y embalses (Masindi V. et al., 2018, p.2). En otras palabras, el desarrollo urbano hace que aumenten la población y las actividades humanas y que se contamine el entorno (Zhao M. et al., 2016, p.2).

Entre estos contaminantes, la descarga de metales pesados directa o indirectamente al agua viene siendo una de las mayores preocupaciones; ya que, en la actualidad, se ha vertido una gran cantidad de aguas residuales con metales pesados en el medio ambiente (Gautam P. et al., 2016, p.3). Los metales pesados se aplican a un grupo de elementos que tienen pesos atómicos entre 63,5 y 200,6, como el plomo (Pb), el cadmio (Cd), el cromo (Cr), el níquel (Ni) y el cobre (Cu), etc. que son los contaminantes más peligrosos de las reservas de agua dulce (Huang Z. et al., 2016, p.2).

Así mismo en la tabla 1 se detallan los límites admisibles de diferentes metales pesados en el agua potable.

Tabla N°1. Límites admisibles de diferentes metales pesados en el agua potable

Trazas inorgánicas Contaminantes	USEPA (mg/L)	Normas indias (mg/L)
Arsénico, como As	0.5	0.05
Cadmio, como Cd	0.005	0.01
Cromo como Cr (VI)	0.05	0.05
El hierro, como F	0.3	0.3
Plomo, como Pb	0.05	0.1
Manganeso, como Mn	0.05	0.1
Mercurio, como Hg	0.002	0.001
El níquel, como Ni	0.1	0.05

Fuente: Gautam Pavan K. et al., (2016)

Entre ello, el manganeso es uno de los metales pesados que ha sido ampliamente utilizado en la producción de acero y es un metal fácilmente oxidable, químicamente activo y fuerte con una densidad de 7,43 g/cm³ (Chen P. et al., 2018, p.2).

El manganeso es un elemento natural que se puede encontrar ampliamente en el medio ambiente; se detecta en aguas superficiales y subterráneas en diversas concentraciones, principalmente debido a actividades antrópicas (Marsidi N. et al., 2018, p.3).

El manganeso (Mn), omnipresente en el medio ambiente, constituye aproximadamente el 0,1% de la corteza terrestre y el manganeso divalente (Mn²⁺) puede solubilizarse desde los suelos y el lecho de roca en las aguas superficiales y subterráneas hasta las fuentes de agua potable (Ali A. et al., 2017, p.2). Mientras que, las concentraciones de manganeso procedentes de procesos naturales suelen ser bajas, pero pueden llegar a 1,5 mg L⁻¹ o más y el manganeso también puede introducirse en las aguas superficiales y subterráneas a partir de actividades antropogénicas (Iyare P., 2019, p.5).

Siendo que la forestación de coníferas, el encalado, la adición de fertilizantes, la construcción de zanjas de drenaje y el arado aquellos que aumentan las concentraciones de Mn en la escorrentía (Tang X. et al., 2020, p.2). Además, las inundaciones y las aguas asociadas a la minería pueden contribuir a aumentar

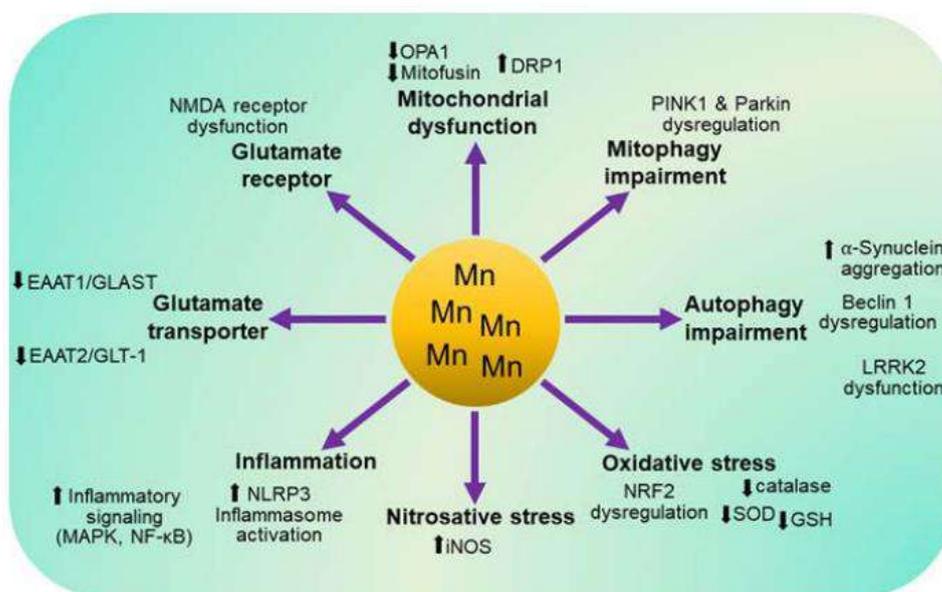
drásticamente las concentraciones de Mn en las fuentes de agua subterránea utilizadas para el agua potable (Zhang Y. et al., 2017, p.3).

Y hasta en años recientes, Mn ha llegado a la vanguardia de las preocupaciones ambientales debido a su neurotoxicidad (Chen Guo et al., 2016, p.1). Además, en los mecanismos moleculares de la toxicidad de Mn incluyen estrés oxidativo, disfunción mitocondrial, plegamiento incorrecto de proteínas, estrés del retículo endoplásmico (ER), desregulación de la autofagia, apoptosis y alteración de homeostasis de otros metales (Queiroz H. et al., 2021, p.4).

Pero los efectos en la salud por la ingestión de Mn no son motivo de preocupación hasta que las concentraciones sean aproximadamente 10 veces 0,05 mg L⁻¹ (Vijayan B. et al., 2019, p.147). Pero, la ingestión que ocurre por las concentraciones elevadas en el agua potable puede causar trastornos neurológicos (Wang D. et al., 2017, p.3).

Un problema de salud adicional, que no se ha abordado por los reguladores, es el impacto potencial de los iones metálicos tóxicos adsorbidos liberados en concentraciones elevadas cuando los depósitos de Mn se disocian (Ma Zhuo et al., 2017, p.2). Por lo tanto, el nivel de acción (AL) establecido por varios estados para las concentraciones de Mn es de 0,5 mg L⁻¹ para garantizar la protección contra la toxicidad del manganeso y los problemas estéticos (Kim Judong et al., 2019, p.5).

Figura N°1. Mecanismos moleculares implicados en la toxicidad inducida por el Mn en el sistema nervioso central



Fuente: Pajarillo E. et al., (2021)

En la figura 1 se muestra los mecanismos de neurotoxicidad inducidos por el Mn; donde la disfunción de mecanismos moleculares como la dinámica mitocondrial, la mitofagia, la autofagia, los sistemas de defensa antioxidante, la señalización inflamatoria (es decir, MAPK, NF- κ B), la activación del inflammasoma NLRP3, los transportadores de glutamato (es decir, GLAST y GLT-1) y los receptores NMDA se han implicado en la toxicidad inducida por el Mn.

Por tal motivo, debido a la creciente atención a la contaminación por manganeso en el agua ha llevado al descubrimiento de varias tecnologías de tratamiento. Entre estas, las tecnologías de tratamiento predominantes desarrolladas para el tratamiento del agua que contiene manganeso incluyen la precipitación química, el intercambio iónico, la oxidación, el tratamiento electroquímico, la radiación ultravioleta, el ozono y la filtración por membrana (Aljubouri S. et al., 2017, p.3).

Pero, dichas tecnologías de tratamiento de agua están fácilmente disponibles y son capaces de eliminar el manganeso a una determinada velocidad (Jeirani Zahra et al., 2016, p.2). Sin embargo, la mayoría de los métodos tienen inconvenientes en términos de capacidad de tratamiento, requisitos de espacio, procesos complejos, eliminación de lodos, incrementos en el mantenimiento y costos operativos (Seyedpour S. et al., 2018, p.1).

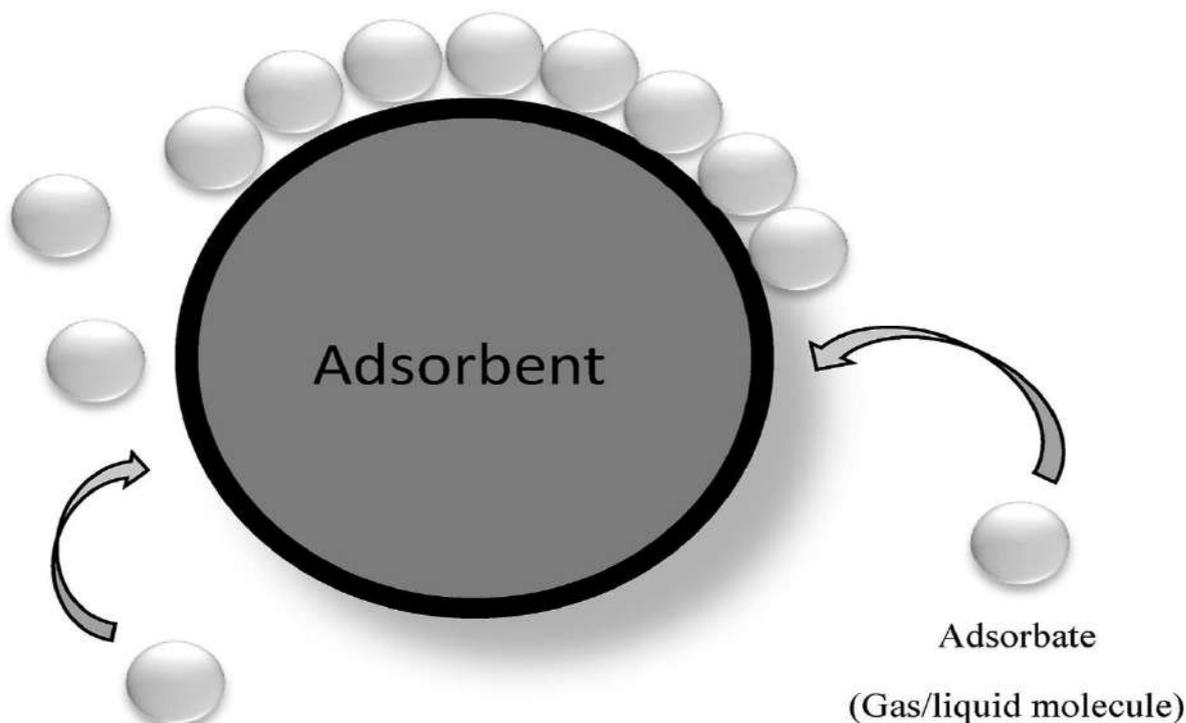
Ante ello, la adsorción es una de las técnicas más populares y económicas para la eliminación de metales pesados de las aguas residuales; debido a su eficiencia, simplicidad y respeto al medio ambiente (Jawed A. y Pandey L., 2019, p.1). Este proceso proporciona un diseño y operación flexibles que es capaz de producir efluentes tratados libres de olor, color y lodo (Lou H et al., 2018, p.2). Además, la adsorción también es un proceso atractivo y económico, ya que el adsorbente se puede regenerar y reutilizar (Qin Hangdao et al., 2018, p.5).

También es interesante que la adsorción no produce residuos secundarios ya que no se generan lodos durante el proceso de eliminación de metales pesados, incluso de las soluciones diluidas (Sellaoui L. et al., 2018, p.1). La adsorción también tiene la capacidad de eliminar contaminantes en bajas concentraciones con un bajo consumo de energía (Ahamad T. et al., 2019, p.3).

Este es un proceso interactivo que une el componente de la fase líquida a la superficie del adsorbente sólido interactuando física o químicamente, dependiendo de las

fuerzas intermoleculares (Yang Kai et al., 2019, p.3). Esto se conoce como un proceso de segregación que se usa para aislar el ion metálico seleccionado de la mezcla de reacción y puede llevarse a cabo mediante experimentación por lotes, semilotes o continua. (Ver figura 2).

Figura N°2. Proceso de adsorción que involucra adsorbente y adsorbato



Fuente: Shafiq M. et al., (2018)

En la figura 2, se muestra como el proceso de adsorción ocurre cuando las moléculas de un gas o líquido (absorbido) se unen a la superficie de un sólido o líquido (adsorbente) y crean una película molecular o atómica.

Así mismo, esto sucede debido a la existencia de fuerzas desequilibradas o residuales en la superficie de una fase líquida o sólida (Azimi Arezoo et al., 2017, p.2). Las fuerzas de desequilibrio residual continúan atrayendo y reteniendo las especies moleculares a medida que alcanzan la superficie (Liu Yang et al., 2019, p.2).

Mientras que, el adsorbato es absorbido por el adsorbente en el que surge la atracción entre adsorbato y adsorbente debido a las fuerzas de enlace como las fuerzas de Van der Waals (fuerzas débiles) o el enlace covalente (fuerzas fuertes) (Rashid H. y Yaqub G., 2017, p.3). Pero también, la adsorción física puede ocurrir cuando el adsorbente

y el adsorbato se someten a fuerzas enlaces de hidrógeno, polaridad e interacciones dipolo-dipolo (Shafiq M. et al., 2018 p.2).

Este proceso físico absorbe iones metálicos electrostáticamente en la superficie de los materiales; además, el proceso tiene lugar a una temperatura más baja o casi igual a la de los componentes adsorbidos. Mientras tanto, la adsorción química es el proceso entre el adsorbato y la superficie del adsorbente por enlace químico o transferencia de electrones (Liu Yang et al., 2019, p.3).

Pero, además existen diversos residuos entre ellos los agrícolas, capaces de adsorber y remover la contaminación del medio hídrico causada por manganeso; siendo demostrado algunos de ellos en la tabla 2.

Tabla N°2. Diferentes residuos agrícolas como adsorbentes para la remoción de Mn del medio hídrico

Adsorbente

Cáscara de arroz crudo
Cáscara de arroz tratada con epiclorhidrina
Cáscara de arroz tratada con NaOH
Cáscara de arroz tratada con NaHCO
Residuos de té turco
Harina de copra de coco
Cáscara de maní modificada con EDTA
Cáscara de plátano
Cáscara de pomelo
Cáscara de mango
Bagazo de uva
Bagazo de caña de azúcar
Café licuado
Cáscaras de mandioca
Cáscaras de batata
Cáscaras de patata irlandesas
Cáscaras de bananas
Cáscaras de naranja
Mazorcas maíse
Celulosa derivada del tallo de okra
Cáscaras de mandioca
Cáscaras de batata
Cáscaras de patata irlandesas
Cáscaras de ñame
Cáscaras de bananas
Cáscaras de naranja
Cáscaras de mandioca
Cáscaras de batata
Brotos fruticanos de Nypa
Cáscaras de turba

Cáscaras de ñame
Cáscaras de bananas
Cáscaras de naranja
Cáscaras de mandioca

Fuente: Kwikima M. et al., (2021)

Además, de acuerdo con la tabla 2 se establecieron que el modo de sorción de estos subproductos agrícolas puede atribuirse a la adsorción intrínseca y la interacción colombina entre el biosorbente y los iones metálicos tóxicos.

Así mismo, se detallan los estudios de investigadores que emplearon residuos agrícolas para la adsorción y remoción de la contaminación del medio hídrico por manganeso:

Adekola F. et al., (2016); en su investigación estudió el comportamiento de adsorción de la ceniza de cascarilla de arroz con respecto al manganeso y al hierro por métodos discontinuos para considerar su aplicación en el tratamiento de aguas y aguas residuales. El tiempo de equilibrio de adsorción se observó a los 120 min. Se encontró que las eficiencias de adsorción dependían del pH. Se encontró que los datos experimentales de adsorción en equilibrio se ajustaban a las isothermas de Langmuir, Freundlich y Temkin para el hierro, pero solo se ajustaban a la isoterma de Langmuir para el manganeso. Se encontró que el modelo cinético de pseudo-segundo orden describe las cinéticas de manganeso y hierro de manera más efectiva. Además, los iones metálicos se desorbieron del adsorbente utilizando HCl 0,01 M, se encontró que eliminaban cuantitativamente el 67 y el 86 % de Mn y Fe, respectivamente, en 2 h. Concluyend que el manganeso y el hierro se adsorben considerablemente en el adsorbente y podrían ser un método económico para la eliminación de estos metales de soluciones acuosas. y la eficiencia de remoción fue de 100 % para Mn y 70 % para Fe.

Feizi M. et al., (2016); en su investigación, los residuos de girasol, patata, canola y cáscara de nuez se utilizaron como adsorbentes para absorber metales pesados (Fe, Mn, Zn, Ni, Cu y Cd) de soluciones acuosas mediante experimentos por lotes. Se investigó el efecto del pH y el tiempo de contacto. La absorción máxima de metales pesados por diferentes sorbentes se observó alrededor de un pH de 4 a 8. El tiempo de contacto óptimo estuvo en el rango de 20 a 600 min. Los valores de pH zpc (punto de carga cero) medido para residuos de girasol, patata, canola y cáscara de nuez

fueron 6,06, 6,80, 6,15 y 5,85, respectivamente. Los residuos de la planta mostraron una capacidad considerable para la eliminación de Fe, Mn, Zn, Cu y Cd de la solución acuosa, pero la absorción de Ni por parte de los residuos fue insignificante.

Isagba E. et al., (2017); en su artículo investigó el uso de la cáscara de ñame como adsorbente natural para la eliminación de cobre (Cu) y manganeso (Mn) de aguas residuales. Las cáscaras de ñame se lavaron minuciosamente con agua destilada, secado, pulverizado y carbonizado. Luego, la cáscara de ñame carbonizada se caracterizó por su partícula tamaños, contenido de humedad, contenido de cenizas, materia volátil, índice de azul de metileno, índice de yodo. Se prepararon cáscaras de ñame crudo utilizando el mismo procedimiento, pero no se carbonizaron. La adsorción de los iones Mn(II) y Cu(II) se investigaron mediante un experimento de adsorción a temperatura ambiente y se evaluó el efecto del tiempo de contacto, la concentración de iones metálicos y la dosis residual las concentraciones de los iones metálicos se determinaron mediante Espectrofotómetro de Absorción Atómica (AAS). Finalmente, los resultados mostraron que se obtuvieron eficiencias de remoción óptimas de 30.54% para Mn(II) y 39.62% para Cu(II) para AYP a concentraciones de 50mg/ly dosificación másica de 1.0g, 120 minutos de tiempo de contacto y pH de 6.8.

Surovka D. y Pertile E., (2017); estudió la adsorción de metales seleccionados (Cu, Mn y Fe) a partir de una solución acuosa utilizando cáscara de naranja mediante un mecanismo discontinuo. El objetivo de este estudio fue determinar la dependencia del proceso de sorción del pH de la solución, la concentración inicial del adsorbente, el tiempo de contacto y la temperatura. Los modelos isotérmicos de Langmuier y Freundlich se utilizaron para describir las isotermas de sorción de iones. En este caso, el modelo de Langmuier es más adecuado para describir los datos. La eficiencia de adsorción de la eliminación de cobre ($q_{20} = 5 \text{ mg/g}$) y manganeso ($q_{20} = 15 \text{ mg/g}$) usando cáscara de naranja fue de aproximadamente 90%. En condiciones óptimas, la eficiencia de eliminación de hierro ($q_{20} = 10 \text{ mg/g}$) fue de aproximadamente 55%. Al estudiar la cinética descubrimos que el proceso de sorción seguirá el pseudo segundo orden.

Abdic S. et al., (2018); realizó un análisis utilizando cáscara de mandarina con el objetivo de su uso como potencial adsorbente de ocho iones de metales pesados (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn) de la solución acuosa. Este desecho agrícola se probó tanto en su forma no tratada como modificada químicamente. Con base en los

espectros infrarrojos de transformación de Fourier, se realizó una comparación de la estructura del biosorbente antes y después del tratamiento químico. Se realizaron pruebas de adsorción por lotes a diferentes pH y masas de adsorbente para examinar la influencia en la eficacia de la eliminación simultánea de los iones probados. Los estudios cinéticos se realizaron con un pH óptimo de 5,0 y una dosis de sorbente de 300 mg. El modelo cinético de pseudo segundo orden se ajusta mejor a los datos experimentales con coeficientes de correlación altos ($r^2 > 0,9997$). Al optimizar los parámetros enumerados, se lograron altas eficiencias de eliminación ($> 89\%$). Concluyendo que la remediación de aguas contaminadas con metales pesados podría realizarse utilizando cáscara de mandarina modificada como material de desecho agrícola.

Kumar G. et al., (2018); en su investigación utilizó dos bioadsorbentes de bajo costo como la mazorca de maíz (CC) y el polvo de semillas de *Strychnos potatorum* (SPSP) para la eliminación de cobre (II) y manganeso (II) de las aguas residuales industriales y se presentan en este documento. Se prepararon polvos crudos de los dos adsorbentes y se usaron para el estudio. Se adoptó la experimentación de adsorción por lotes para investigar la cinética de adsorción, los estudios isotérmicos y la eficiencia de eliminación de los dos adsorbentes. Al utilizar CC y SPSP como adsorbentes, se eliminó el 99,7 % del cobre (II) y el 99,8 % del manganeso (II). Esto se logró utilizando una dosis de 0,4 g de los adsorbentes. La eliminación de cobre (II) y manganeso (II) siguió una cinética de reacción de pseudo segundo orden.

Badrealam S., (2019); en su estudio, los desechos de té (TW) se investigan como un adsorbente de bajo costo para el tratamiento de Mn (II) y Zn (II) en aguas residuales sintéticas. Diseño experimental, las variables son la dosis de adsorbente (0.5g, 1.0g, 1.5g, 2.0g, 2.5g y 3.0g) y el tiempo de contacto (20, 40, 60, 80, 100 y 120 minutos). Los datos de equilibrio se ajustaron satisfactoriamente al modelo de isoterma de Langmuir tanto para Mn(II) como para Zn(II) con R^2 valor de 0.9906 y 0.9854, respectivamente. Según el resultado, TW es capaz de adsorber más del 90 % tanto de Mn(II) como de Zn(II) en una dosis óptima de 2 g/100 ml. Además, la adsorción máxima alcanzada a los 60 minutos para Mn(II) ya los 80 minutos para Zn(II). Concluyendo que el TW es capaz de ser un adsorbente eficiente y efectivo para la eliminación de Mn (II) y Zn (II) en aguas residuales sintéticas.

Ali Ashraf, (2017); en su estudio, preparó un nuevo adsorbente celulósico injertado con acrilonitrilo a partir de pulpa de banano blanqueada. Las cáscaras de plátano se hidrolizaron con álcali y luego se blanquearon con clorato de sodio (NaClO_3). La copolimerización por injerto de acrilonitrilo sobre la pulpa blanqueada se realizó con el reactivo de Fenton ($\text{Fe} + \text{H}_2\text{O}_2$) como iniciador. El adsorbente celulósico injertado con acrilonitrilo se usó para la eliminación de Mn(II) de la solución acuosa y se registró que la adsorción de Mn(II) en cáscaras de banano injertadas fue del 94 %. Concluyendo que, debido a su alta eficiencia y bajo costo, las cáscaras de plátano injertadas (GBP, por sus siglas en inglés) se pueden usar como adsorbentes efectivos para la eliminación de Mn(II) de soluciones acuosas y aguas residuales industriales.

Zaini H. et al., (2019); en su estudio tiene como objetivo reducir los niveles de manganeso en las aguas subterráneas con base en el método de adsorción del sistema de columnas como material absorbente de las cáscaras de maní. Una variable fija es adsorbente 50 g, tamaño de partícula malla 40 y volumen adsorbido 10 litros, caudal de 4 litros/minuto. La independencia son variables que consisten en adsorción variable en el tiempo 0; 5; 10; 15; 20; 30; 60; 90; 120; 150; 180; 210; 240 minutos y tipo de tratamiento adsorbente: sin activación, activación física y química (H_2SO_4 1N y NaOH 1N). Los resultados mostraron que la remoción de metal de manganeso estuvo influenciada por el tiempo de contacto y el tipo de activación. Los resultados de remoción de adsorbentes activados por H_2SO_4 con eficiencia de remoción 61.04%, por NaOH : 50.24%, por activación física: 33.04% y sin activación: 15.64%.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

El presente estudio contó con una metodología de tipo aplicada, siendo esta descrita por Tamayo y Tamayo., (2006, p.1), como el tipo de investigación que se va a utilizar cuando se evalúa y prueba un aspecto científico que se busca resolver para esclarecer una problemática que engloba a la sociedad o a un grupo determinado. Siendo así que se aplica por la búsqueda de estudiar los residuos agrícolas empleados para la adsorción y remoción de la contaminación del medio hídrico por manganeso.

El diseño que se usó fue el no experimental bibliográfico; donde a la hora de obtener los datos brutos de una búsqueda bibliográfica es necesario realizar un análisis de contenido de los documentos encontrados. Esto nos llevará a identificar publicaciones que pueden no estar relacionadas con nuestro campo de estudio, o errores en las variables que queremos analizar: autores, instituciones, revistas, años, número de citas, etc. Básicamente, el objetivo es minimizar cualquier error relacionado con la exactitud de los datos proporcionados por la base de datos, así como con su cobertura. Así mismo, este diseño es aplicado, ya que, se va a recolectar y analizar estudios existentes que hayan aplicado residuos agrícolas para la adsorción y remoción de la contaminación del medio hídrico por manganeso (Hernández, 2016, p.702).

3.2. Categoría, subcategoría y matriz de categorización

Las 3 categorías y sub categorías elaboradas fueron planteadas mediante los objetivos y problemas específicos, buscando reducir y precisar la resolución de sus resultados; siendo detallados en la tabla 3:

Tabla N° 3. Matriz de Categorización Apriorística

Objetivos específicos	Problemas específicos	Categoría	Subcategoría	Unidad de análisis
<p><i>Clasificar los residuos agrícolas empleados como adsorbentes para la adsorción y remoción de la contaminación del medio hídrico por manganeso</i></p> <p><i>Identificar los mecanismos de adsorción de los residuos agrícolas empleados para la adsorción y remoción de la contaminación del medio hídrico por manganeso</i></p> <p><i>Seleccionar los factores que afectan en la eficiencia de los residuos agrícolas empleados para la adsorción y remoción de la contaminación del medio hídrico por manganeso</i></p>	<p>¿Cuáles son los residuos agrícolas empleados como adsorbentes para la adsorción y remoción de la contaminación del medio hídrico por manganeso?</p>	residuos agrícolas empleados	<p>Cáscaras de frutas</p> <p>Cáscaras de verduras, etc.</p>	<p>(Shafiq M. et al., 2018 p.2), (Liu Yang et al., 2019, p.3), (Rashid H. y Yaqub G., 2017, p.3).</p>
	<p>¿Cuáles son los mecanismos de adsorción de los residuos agrícolas empleados para la adsorción y remoción de la contaminación del medio hídrico por manganeso?</p>	mecanismos de adsorción de los residuos agrícolas	<p>Intercambio iónico</p> <p>Microprecipitación</p> <p>Interacciones ácido-base</p>	<p>(Ahamad T. et al., 2019, p.3), (Sellaoui L. et al., 2018, p.1), (Jawed A. y Pandey L., 2019, p.1).</p>
	<p>¿Cuáles son los factores que afectan en la eficiencia de los residuos agrícolas empleados para la adsorción y remoción de la contaminación del medio hídrico por manganeso?</p>	factores que afectan en la eficiencia de los residuos agrícolas	<p>pH</p> <p>Tiempo de contacto</p> <p>Tamaño de partícula</p>	<p>(Aljubouri S. et al., 2017, p.3), (Queiroz H. et al., 2021, p.4), (Iyare P., 2019, p.5).</p>

Elaboración propia

3.3. Escenario de estudio

El escenario de estudio de este trabajo consideró al ser una revisión sistemática a los lugares donde los investigadores usados para el desarrollo del estudio llevaron a cabo su estudio experimental, como fueron los casos de lugares de campo, laboratorios y puntos de tomas de muestras de las aguas contaminadas.

3.4. Participantes

Los participantes en un estudio son las piezas claves, pero al ser este una revisión, se tomaron como participantes fuentes documentales como los portales web y páginas institucionales internaciones; siendo los usados en este estudio Scielo, Scopus, Sciencedirect y Pubmed; páginas indizadas que permitieron tener el acceso de documentos científicos a nivel mundial.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica usada fue el análisis documental mediante la utilización de una ficha de análisis como instrumento de recolección de datos.

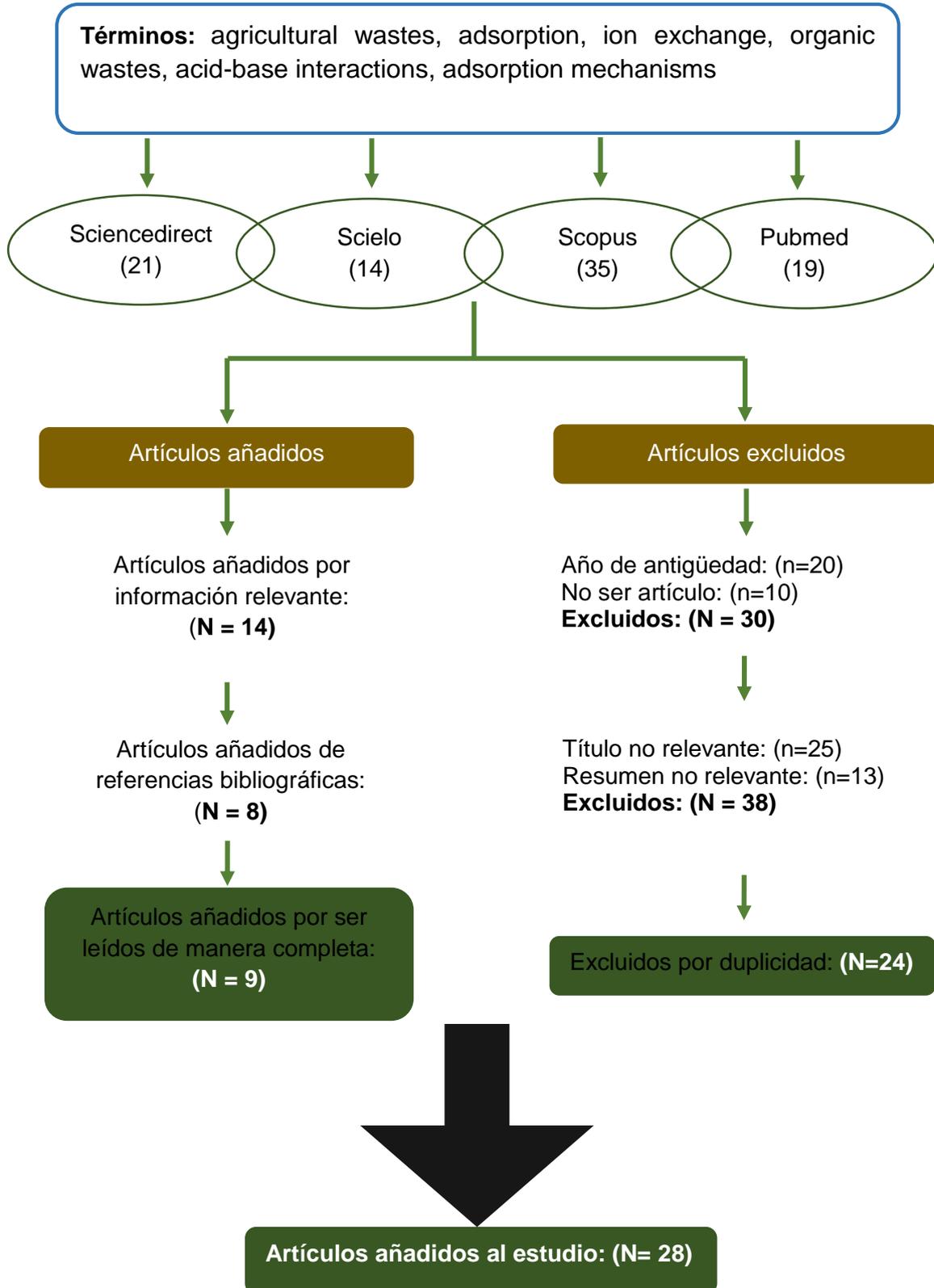
Ante ello Hernández et al., (2014, p.415); describe el análisis documental como una técnica que representa la información de un documento a otro más sintetizados y solo con la información relevante y que va a permitir a los lectores su posterior recuperación.

Mientras que la dicha empleada de elaboración propia, se usó para plasmar los documentos utilizados en el estudio, encontrándose datos como: información del autor, tipo de estudio, objetivos, resultados y conclusiones.

3.6. Procedimiento

El procedimiento seguido consistió en la recopilación de artículos científicos, seguido de los procesos de exclusión donde se tomaron en cuenta criterios como la relevancia del estudio, el año de antigüedad y las categorías planteadas en la matriz apriorística; luego se siguió con el proceso de inclusión, detallando mayor información en el gráfico 1.

Gráfico N°1. Procedimiento de selección de artículos



Elaboración propia

3.7. Rigor científico

Los criterios cumplidos en este trabajo de investigación que nos permitieron cumplir con el rigor científico fueron la credibilidad, la confirmabilidad, la transferibilidad y la consistencia; siendo estos descritos por Noreña et al., (2012, p.268), como:

Credibilidad, se enfoca en la calidad del estudio y que tan creíble o aceptable es la información que se quiere dar al destinatario o lector para que este lo considere como una información de verdadera.

es el criterio que hace referencia a la parcialidad de la información y ello lo comprueban los lectores, cuando realizan el estudio y llegan a resultados similares, ello siguiendo las pistas dejadas por el autor.

La transferencia es un criterio que permite trasladar un estudio a otros contextos, siguiendo las pistas dejadas por el autor.

La consistencia es el grado o posibilidad en el que el resultado de un estudio podría volver a darse en otro de manera muy similar, cumpliendo con los mismos pasos del estudio original.

3.8. Método de análisis de información

El método de análisis de información se realizó siguiendo con diversas técnicas y técnicas aplicadas en la metodología, entre ellas se utilizó la matriz apriorística, en la cual esta permitió que se elaboren categorías y sub categorías que ayudaron a la resolución de los resultados.

- **Las Categorías planteadas fueron:**

- Residuos agrícolas empleados

- Mecanismos de adsorción de los residuos agrícolas

- Factores que afectan en la eficiencia de los residuos agrícolas

- **Las Sub categorías planteadas fueron:**

- Cáscaras de frutas

- Cáscaras de verduras, etc.

- Intercambio iónico

- Microprecipitación

- Interacciones ácido-base

pH

Tiempo de contacto

Tamaño de partícula

3.9. Aspectos éticos

Este estudio fue realizado cumpliendo con la resolución de consejo universitario N° 0103-2018 de la UCV y la resolución rectoral utilizando la guía de productos observables de la UCV, así mismo, se realizó la debida citación de los autores utilizados empleando la norma ISO 690.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los residuos agrícolas empleados para la adsorción y remoción de la contaminación del medio hídrico por manganeso se determinan mediante el tipo de residuos agrícolas empleados como adsorbente, el mecanismo que emplean y los factores que afectan en la eficiencia; siendo estos detallados por la Tabla 4, 5 y 6.

Los residuos agrícolas empleados como adsorbentes para la adsorción y remoción de la contaminación del medio hídrico por manganeso se detallan en la Tabla 4.

Tabla N°4. Residuos agrícolas empleados como adsorbentes

Adsorbente	Tipo de residuo por el proceso de generación	Referencias
Ceniza de cáscara de arroz	cereales de invierno	(Zhang Y. et al., 2014)
Bagazo de caña de azúcar	cereales de invierno	(Esfandiar N. et al., 2015)
Cáscara de mandarina modificada	cereales de primavera	(Abdic S. et al., 2018)
Vainas de semillas de <i>Moringa oleifera</i> y cáscaras de nuez de <i>Sclerocarya birrea</i>	cereales de primavera	(Maina I. et al., 2016)
Girasol, patata, canola y cáscara de nuez	Industriales forestales	(Feizi M. y Jalali M., 2016)
Biocarbón	No indica	(Idrees M. et al., 2018)
Ceniza de cáscara de arroz	cereales de invierno	(Adekola F. et al., 2016)
Cáscara de maní	cereales de primavera	(Abdelfattah I. et al., 2016)
Cáscara de semilla de girasol	Industriales forestales	(Feizi M. y Jalali M., 2016)
Cáscara de patata	cereales de primavera	
Flor de canola	Industriales forestales	
Cáscara de nuez	cereales de primavera	
Alcohol polivinílico/quitosano (PVA/CS)	Otros	(Abdeen Z. et al., 2016)
Ceniza de cáscara de arroz blanco	cereales de invierno	(Tavlieva M. et al., 2016)
Cáscara de fruta de tamarindo	cereales de primavera	(Bangaraiah P., 2018)
Cáscara de ñame	cereales de primavera	(Isagba E. et al., 2017)
Piel de naranja	cereales de primavera	(Surovka D. y Pertile E., 2017)

Cáscara de mandarina modificada	cereales de primavera	(Abdic S. et al., 2018)
Polvo de semilla de mazorca de maíz y <i>Strychnous Potatorum</i>	cereales de invierno	(Kumar et al., 2018)
Residuos de té	cereales de invierno	(Badrealam S. et al., 2019)
Cáscaras de plátano injertadas (GBP)	cereales de primavera	(Ali A., 2017)
Cáscara de maní	cereales de primavera	(Zaini H. et al., 2019)
Bagazo de caña de azúcar	Industriales forestales	(Ahmed S. et al., 2016)
Pulpa de remolacha	cereales de primavera	(Maina I. et al., 2016)
Vainas de semillas de <i>Moringa oleifera</i> (MSP)	cereales de primavera	(Maina I. et al., 2016)
Cáscara de nuez <i>Sclerocarya birrea</i> (MNS)	cereales de primavera	(Maina I. et al., 2016)
Cáscaras de plátano verde	cereales de primavera	(Leizou E. et al., 2018)

Elaboración propia

Los residuos agrícolas empleados como adsorbentes para la adsorción y remoción de la contaminación del medio hídrico por manganeso fueron clasificados de acuerdo a los restos de cultivos herbáceos generados; donde el residuo puede proceder de las industrias forestales como el algodón, el tabaco, oleaginosas, entre otro; así también los residuos generados dependen de la estacionalidad, siendo clasificados los cereales de inviernos los residuos secos de paja como los restos del trigo, cebada, etc. y los cereales de primavera clasificando a los tallos, cascaras como; el maíz, sorgo y afines.

Siendo ello aplicado en la Tabla 4, donde los residuos generados para el proceso de elaboración de cereales de primavera presentan 60% de aplicación, los cereales de invierno 24% y los industriales un 16%.

Así Leizou E. et al., (2018, p. 2), demuestra con los resultados obtenidos que la tasa de absorción de los iones metálicos era bastante rápida en los primeros 30 minutos, utilizando la biomasa de cáscara de plátano inmaduro (*Musa paradisiaca*), 58% para el plomo y 32,2% para el manganeso.

Así también, Zaini H. et al., (2019, p.1), mediante los resultados mostró que la remoción de metal de manganeso estuvo influenciada por el tiempo de contacto y el tipo de activación y el tipo de material absorbente; donde los resultados de remoción de adsorbentes presentaron una eficiencia del 61.04% utilizando las cáscaras de

maní. Al igual que el estudio anterior, Abdelfattah I. et al., (2016, p.1), empleó cáscara de maní (PHP), ya que, lo consideran un adsorbente de bajo costo y de una obtención práctica.

Estudios similares utilizaron residuos de cáscaras, como: Cáscara de mandarina, Cascara de patata y nuez, Cáscara de fruta de tamarindo, Cáscara de ñame, Cáscara de mandarina y Cáscaras de plátano verde; por Abdic S. et al., 2018, Feizi M. y Jalali M., 2016, Bangaraiah P., 2018, Isagba E. et al., 2017, Abdic S. et al., 2018 y Leizou E. et al., 2018, respectivamente.

Por otro lado, el mecanismo del proceso de adsorción determina la eficiencia del adsorbente y la tasa de eliminación de manganeso (Singh S. et al., 2020, p.2). Por lo cual se identificó los mecanismos de adsorción de los residuos agrícolas empleados para la adsorción y remoción de la contaminación del medio hídrico por manganeso, mostrándose en la Tabla 5.

Tabla N° 5. Mecanismos de adsorción de los residuos agrícolas

Mecanismo	Referencias
Intercambio iónico y complejación	(Esfandiar N. et al., 2015)
De naturaleza física	(Zhang Y. et al., 2015)
Intercambio iónico	(Abdic et al., 2018)
Microprecipitación e interacciones ácido-base	(Maina I. et al., 2016)
Interacciones electrostáticas	(Feizi M. y Jalali M., 2016)

Los mecanismos de adsorción de los residuos agrícolas pueden ser físicas o químicas, donde, la adsorción física es capaz de formar un proceso de adsorción multicapa que proporciona una alta capacidad de adsorción. Por el contrario, la adsorción química se limita a la adsorción monocapa y elimina selectivamente los materiales traza de las soluciones acuosas (Shahmirzadi M. et al., 2018, p.1).

Así mismo, de acuerdo con la tabla 5 se tiene que los mecanismos de adsorción de los residuos agrícolas empleados para la adsorción y remoción de la contaminación del medio hídrico por manganeso son procesos complejos que implica la unión de iones metálicos y adsorbentes mediante enlaces físicos o químicos, quelación, reducción, precipitación y complejación.

Ante lo expuesto, los adsorbentes de desechos agrícolas pueden usarse en su forma natural o sufrir modificaciones físicas y químicas. Así mismo, para Acharya J. et al.,

2018, (p.2), la modificación de adsorbentes por tratamientos físicos o químicos es necesaria para mejorar la capacidad de adsorción y también para prevenir la contaminación secundaria causada por la liberación de compuestos orgánicos solubles de los materiales vegetales.

Así también, de acuerdo con Kanamarlapudi et al., (2018, p.3); el tratamiento químico eliminará las impurezas de la superficie y desarrollará los grupos funcionales reactivos en la superficie, como el carbonilo. (cetona), fenólico, acetamido, alcohólico, amino, grupo sulfhidrilo, etc. Estos grupos funcionales pueden unirse a iones metálicos sustituyendo iones de hidrógeno por iones metálicos en solución o donando pares de electrones para formar complejos entre grupos funcionales e iones metálicos.

Por otro lado, la Tabla 6 muestra los factores que afectan la tasa de remoción de manganeso por el proceso de adsorción.

Tabla N°6. Factores que afectan en la eficiencia de los residuos agrícolas

Adsorbente	Eliminación de manganeso (%)	pH	Tiempo de contacto (min)	Tamaño de partícula (µm)	Dosis de adsorbente (g)	T° °C	Concentración de Mn (mg/L)	Referencias
Biocarbón	>80	6	180	-	0.25	24.85	8 miligramos por litro	(Idrees M. et al., 2018)
Ceniza de cáscara de arroz	100	3	100	300	0.5	30	3,8 miligramos por litro	(Adekola F. et al., 2016)
cáscara de maní	100	6	180	-	5	25	20 miligramos por litro	(Abdelfattah I. et al., 2016)
Cáscara de semilla de girasol	81.6	8	120	-	0.15	-	-	(Feizi M. y Jalali M., 2016)
casaca de patata	79.8	7	120	-	0.15	-	-	
Flor de canola	81.8	8	200	-	0.15	-	-	
cáscara de nuez	96.5	8	200	-	0.15	-	-	

Alcohol polivinílico/quitosano (PVA/CS)	84.5	5	120	0.158	0.8	30	20 miligramos por litro	(Abdeen Z. et al., 2016)
Ceniza de cáscara de arroz blanco	26.6	7	480	50	2.5	34.85	100 miligramos por litro	(Tavlieva M. et al., 2016)
Cáscara de fruta de tamarindo	74	3	60	-	1.2	30	0,1 g/l	(Bangaraiah P., 2018)
cáscara de ñame	30.5	6.8	120	106	1	30	50 miligramos por litro	(Isagba E. et al., 2017)
piel de naranja	96	6	-	-	-	45	300 miligramos por litro	(Surovka D. y Pertile E., 2017)
Cáscara de mandarina modificada	92.48	5	30	-	0.3	30	-	(Abdic S. et al., 2018)
Polvo de semilla de mazorca de maíz y <i>Strychnous Potatorum</i>	99.8	5	60	-	0.4	40	10 miligramos por litro	(Kumar G. et al., 2018)
Residuos de té	95.5	-	60	-	3	-	2,2 miligramos por litro	(Badre alam S. et al., 2019)
Cáscaras de plátano injertadas (GBP)	94	7	60	-	4	25	400 miligramos por litro	(Ali A., 2017)
cáscara de maní	61	-	240	-	-	25	-	(Zaini H. et al., 2019)
Bagazo de caña de azúcar	62.5	6	150	750	1.5	30	2 miligramos por litro	(Ahmed S. et al., 2016)
Pulpa de remolacha	86.4	6	90	750	1	30	2 miligramos por litro	

Vainas de semillas de Moringa oleifera (MS)	>40	8	60	100	1	35	3 miligramos por gramo	(Maina I. et al., 2016)
Cáscara de nuez Sclerocarya birrea (MNS)	>40	8	120	100	2	35	3 miligramos por gramo	(Maina I. et al., 2016)
Cáscaras de plátano verde	>32	6	60	-	2	-	50 miligramos por litro	(Leizou E. et al., 2018)

Elaboración propia

Los factores que afectan en la eficiencia de los residuos agrícolas en el proceso de adsorción y la tasa de eliminación de manganeso en el agua depende de varios factores; entre estos el pH de la solución, la dosis de adsorbente, el tamaño de partícula del adsorbente, el tiempo de contacto, la temperatura y la concentración de manganeso, como se observa en la Tabla 6.

Siendo así que, mediante la comparación se pudo obtener que el pH preferido para la eliminación de manganeso oscila entre 5 y 7. Siendo ello descrito por Surovka D. y Pertile E., (2017, p.4), como un valor adecuado, ya que, con un pH más alto no es adecuado debido a la formación de precipitados de iones OH excesivos.

Siendo esto respaldado por los siguientes estudios; Leizou E. et al., 2018, Ahmed S. et al., 2016, Ali A., 2017, Kumar G. et al., 2018, Abdic S. et al., 2018, Surovka D. y Pertile E., 2017, Isagba E. et al., 2017, Tavlieva M. et al., 2016, Abdeen Z. et al., 2016, Feizi M. y Jalali M., 2016, Abdelfattah I. et al., 2016 y Idrees M. et al., 2018.

El grado de ionización del adsorbente está determinado por el pH de la solución debido a la presencia de ácido débil o base débil; siendo ello corroborado por el estudio de Edrees M. et al., (2018, p.1); donde descubrió que la máxima adsorción al 80% se logró a pH 6, temperatura 298 K y tiempo de contacto de 3 h. usando un adsorbente de biocarbón derivado del estiércol de aves de corral y ello se debe a la baja concentración de iones de hidrógeno, que es menos competitivo con la adsorción de iones de manganeso en las superficies de biochar cargadas negativamente.

Así mismo, Ali A., (2017, p.1), ha demostrado que el pH óptimo del adsorbente de cáscara de plátano injertado (GBP) en la eliminación de manganeso es de 7; sin

embargo, la adsorción de manganeso no es eficiente a niveles de pH más bajos. De manera similar, el aumento de $\text{pH} \geq 8$ también redujo la adsorción de manganeso debido a la precipitación de iones de hidróxido e hidróxido de manganeso.

Otro estudio que utilizó mazorca de maíz (CC) y *Strychnos potatorum* polvo de semillas (SPSP) como adsorbentes mostraron un excelente rendimiento de adsorción del 99,8 % a pH 5 (Kumar G. et al., 2018, p.1). También se notó que a $\text{pH} \geq 8$, la precipitación de manganeso había reducido la tasa de adsorción.

V. CONCLUSIONES

Los residuos agrícolas empleados para la adsorción y remoción de la contaminación del medio hídrico por manganeso han mostrado excelentes desempeños en la remoción donde los residuos generados mediante el proceso de elaboración de cereales de primavera son quienes presentan mayor empleo de uso para la adsorción y remoción, así mismo, el mecanismo de adsorción del manganeso podría ocurrir a través de una formación compleja y/o intercambio de iones que depende completamente de los tipos de adsorbentes. Además, se detallan las siguientes conclusiones:

Los residuos agrícolas empleados como adsorbentes para la adsorción y remoción de la contaminación del medio hídrico por manganeso son en primer lugar los residuos generados para el proceso de elaboración de cereales de primavera presentando un 60% de aplicación, seguido de los cereales de invierno con un 24% y por último los industriales un 16%.

Los mecanismos de adsorción de los residuos agrícolas empleados para la adsorción y remoción de la contaminación del medio hídrico por manganeso son procesos complejos que implica la unión de iones metálicos y adsorbentes mediante enlaces físicos o químicos, quelación, reducción, precipitación y complejación.

Los factores que afectan en la eficiencia de los residuos agrícolas empleados para la adsorción y remoción de la contaminación del medio hídrico por manganeso depende de varios factores; entre estos el pH de la solución, la dosis de adsorbente, el tamaño de partícula del adsorbente, el tiempo de contacto, la temperatura y la concentración de manganeso. Además, el pH preferido para la eliminación de manganeso oscila entre 5 y 7.

VI. RECOMENDACIONES

Debido a que los adsorbentes de desechos agrícolas son los adsorbentes más rentables con un alto potencial para la eliminación de manganeso en el proceso de tratamiento de agua se esperaba encontrar mayores estudios a nivel nacional y mundial, por ello se realizan las siguientes recomendaciones:

se recomienda realizar estudios para desarrollar aún más para la comercialización y aplicaciones a gran escala en el tratamiento de agua que contiene manganeso para la industria del agua.

Se recomienda realizar menos estudios a escala de laboratorio, ya que, estos no pueden estimar el costo operativo real. Por lo tanto, se debe realizar un estudio de planta piloto previo a la comercialización a gran escala.

Así también se sugiere, continuar trabajando con sistemas continuos y escalar el proceso de adsorción es crucial, ya que la mayoría de los estudios se realizan solo a escala de laboratorio.

REFERENCIAS

1. ABBAS, Aamir, et al. Heavy metal removal from aqueous solution by advanced carbon nanotubes: critical review of adsorption applications. *Separation and Purification Technology*, 2016, vol. 157, p. 141-161. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2015.11.039>
2. ABDEEN, Z.; MOHAMMAD, S. G.; MAHMOUD, M. S. Adsorption of Mn (II) ion on polyvinyl alcohol/chitosan dry blending from aqueous solution. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, 2015, vol. 3, p. 1-9. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2014.10.001>
3. ABDELFATTAH, Ibrahim, et al. Biosorption of heavy metals ions in real industrial wastewater using peanut husk as efficient and cost effective adsorbent. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, 2016, vol. 6, p. 176-183. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2016.10.007>
4. ABDIĆ, Š., et al. Adsorptive removal of eight heavy metals from aqueous solution by unmodified and modified agricultural waste: tangerine peel. *International journal of environmental science and technology*, 2018, vol. 15, no 12, p. 2511-2518. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s13762-018-1645-7>
5. ACHARYA, Jyotikusum; KUMAR, Upendra; RAFI, P. Mahammed. Removal of heavy metal ions from wastewater by chemically modified agricultural waste material as potential adsorbent-a review. *International Journal of Current Engineering and Technology*, 2018, vol. 8, no 3, p. 526-530. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.06.011>
6. ADEKOLA, F. A.; HODONOU, D. S. S.; ADEGOKE, H. I. Thermodynamic and kinetic studies of biosorption of iron and manganese from aqueous medium using rice husk ash. *Applied Water Science*, 2016, vol. 6, no 4, p. 319-330. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s13201-014-0227-1>
7. AFROZE, Sharmeen; SEN, Tushar Kanti. A review on heavy metal ions and dye adsorption from water by agricultural solid waste adsorbents. *Water, Air, &*

- Soil Pollution, 2018, vol. 229, no 7, p. 1-50. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11270-018-3869-z>
8. AHAMAD, Tansir, et al. Fabrication of highly porous adsorbent derived from bio-based polymer metal complex for the remediation of water pollutants. Journal of Cleaner Production, 2019, vol. 208, p. 1317-1326. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.174>
 9. AHMED, Salwa A.; EL-ROUDI, Ahmed M.; SALEM, Alaa AA. Removal of Mn (II) from ground water by solid wastes of sugar industry. Journal of Environmental Science and Technology, 2015, vol. 8, no 6, p. 338. Disponible en: <https://doi.org/10.3923/jest.2015.338.351>
 10. ALI, Ashraf. Removal of Mn (II) from water using chemically modified banana peels as efficient adsorbent. Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management, 2017, vol. 7, p. 57-63. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2016.12.004>
 11. AL-JUBOURI, Sama M.; HOLMES, Stuart M. Hierarchically porous zeolite X composites for manganese ion-exchange and solidification: Equilibrium isotherms, kinetic and thermodynamic studies. Chemical Engineering Journal, 2017, vol. 308, p. 476-491. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2016.09.081>
 12. ALVAREZ-BASTIDA, C., et al. Drinking water characterization and removal of manganese. Removal of manganese from water. Journal of Environmental Chemical Engineering, 2018, vol. 6, no 2, p. 2119-2125. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2018.03.019>
 13. AZIMI, Arezoo, et al. Removal of heavy metals from industrial wastewaters: a review. ChemBioEng Reviews, 2017, vol. 4, no 1, p. 37-59. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/cben.201600010>
 14. BADREALAM, S., et al. Adsorption of manganese and zinc in synthetic wastewater by tea waste (TW) as a low cost adsorbent. En Journal of Physics: Conference Series. IOP Publishing, 2019. p. 012061. Disponible en: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1349/1/012061>

15. BANGARAI AH, P. Biosorption of manganese using tamarind fruit shell powder as a biosorbent. *Research Journal of Pharmacy and Technology*, 2018, vol. 11, no 10, p. 4313-4316. Disponible en: <https://doi.org/10.5958/0974-360X.2018.00789.8>
16. BOUCHAR D, Maryse F., et al. Low level exposure to manganese from drinking water and cognition in school-age children. *Neurotoxicology*, 2018, vol. 64, p. 110-117. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.neuro.2017.07.024>
17. CAROLIN, C. Femina, et al. Efficient techniques for the removal of toxic heavy metals from aquatic environment: A review. *Journal of environmental chemical engineering*, 2017, vol. 5, no 3, p. 2782-2799. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2017.05.029>
18. CHEN, Guo, et al. Effects of microwave heating on microstructures and structure properties of the manganese ore. *Journal of Alloys and Compounds*, 2016, vol. 657, p. 515-518. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2015.10.147>
19. CHEN, Pan; BORNHORST, Julia; ASCHNER, Michael A. Manganese metabolism in humans. 2018. Disponible en: <https://doi.org/10.25932/publishup-42743>
20. DION, Laurie-Anne, et al. Changes in water manganese levels and longitudinal assessment of intellectual function in children exposed through drinking water. *Neurotoxicology*, 2018, vol. 64, p. 118-125. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.neuro.2017.08.015>
21. DU, Xing, et al. Peroxymonosulfate-assisted electro-oxidation/coagulation coupled with ceramic membrane for manganese and phosphorus removal in surface water. *Chemical Engineering Journal*, 2019, vol. 365, p. 334-343. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2019.02.028>
22. ESFANDIAR, Narges; NASERNEJAD, Bahram; EBADI, Taghi. Removal of Mn (II) from groundwater by sugarcane bagasse and activated carbon (a comparative study): application of response surface methodology (RSM). *Journal of industrial and engineering chemistry*, 2015, vol. 20, no 5, p. 3726-3736. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2013.12.072>

23. FARRAG, Abd El Hay Ali, et al. Abu Zenima synthetic zeolite for removing iron and manganese from Assiut governorate groundwater, Egypt. *Applied Water Science*, 2017, vol. 7, no 6, p. 3087-3094. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s13201-016-0435-y>
24. FEIZI, Morteza; JALALI, Mohsen. Removal of heavy metals from aqueous solutions using sunflower, potato, canola and walnut shell residues. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 2015, vol. 54, p. 125-136. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jtice.2015.03.027>
25. GAUTAM, Pavan Kumar, et al. Heavy metals in the environment: fate, transport, toxicity and remediation technologies. Nova Sci Publishers, 2016, vol. 60, p. 101-130. ISBN: 978-1-63484-740-7
26. GERKE, Tammie L.; LITTLE, Brenda J.; MAYNARD, J. Barry. Manganese deposition in drinking water distribution systems. *Science of the Total Environment*, 2016, vol. 541, p. 184-193. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.09.054>
27. HUANG, Zhining, et al. Environmental risk assessment of manganese and its associated heavy metals in a stream impacted by manganese mining in South China. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 2016, vol. 22, no 6, p. 1341-1358. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/10807039.2016.1169915>
28. IDREES, Muhammad, et al. Adsorption and thermodynamic mechanisms of manganese removal from aqueous media by biowaste-derived biochars. *Journal of Molecular Liquids*, 2018, vol. 266, p. 373-380. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2018.06.049>
29. ISAGBA, E. S.; KADIRI, S.; ILABOYA, I. R. Yam peels as adsorbent for the removal of copper (Cu) and manganese (Mn) in waste water. *Niger. J. Environ. Sci. Technol*, 2017, vol. 1, p. 230-243.
30. IYARE, P. U. The effects of manganese exposure from drinking water on school-age children: a systematic review. *Neurotoxicology*, 2019, vol. 73, p. 1-7. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.neuro.2019.02.013>

31. JAWED, Aquib; PANDEY, Lalit M. Application of bimetallic Al-doped ZnO nano-assembly for heavy metal removal and decontamination of wastewater. *Water Science and Technology*, 2019, vol. 80, no 11, p. 2067-2078. Disponible en: <https://doi.org/10.2166/wst.2019.393>
32. JAWED, Aquib; SAXENA, Varun; PANDEY, Lalit M. Engineered nanomaterials and their surface functionalization for the removal of heavy metals: A review. *Journal of Water Process Engineering*, 2020, vol. 33, p. 101009. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2019.101009>
33. JEIRANI, Zahra, et al. Effectiveness of advanced oxidation processes for the removal of manganese and organic compounds in membrane concentrate. *Separation and Purification Technology*, 2015, vol. 149, p. 110-115. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2015.05.009>
34. KWIKIMA, Muhajir Mussa; MATEO, Said; CHEBUDE, Yonas. Potentials of Agricultural wastes as the ultimate alternative adsorbent for Cadmium removal from wastewater. A review. *Scientific African*, 2021, vol. 13, p. e00934. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2021.e00934>
35. KIM, Judong, et al. LRRK2 kinase plays a critical role in manganese-induced inflammation and apoptosis in microglia. *PloS one*, 2019, vol. 14, no 1, p. e0210248. Disponible en: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0210248>
36. KUMAR, GVS RP, et al. Biosorption of copper (II) and manganese (II) from waste water using low cost bio adsorbents. *J. Indian Chem. Soc*, 2018, vol. 95, p. 1-8. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/324949968_Biosorption_of_copperII_and_manganesell_from_waste_water_using_low_cost_bio_adsorbents
37. LEE, Ingyu, et al. Modeling approach to evaluation of environmental impacts on river water quality: A case study with Galing River, Kuantan, Pahang, Malaysia. *Ecological Modelling*, 2017, vol. 353, p. 167-173. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2017.01.021>
38. LEIZOU, Elijah K., et al. Adsorption studies of Pb²⁺ and Mn²⁺ ions on low-cost adsorbent: Unripe Plantain (*Musa Paradisiaca*) peel biomass. *Acta Chemica*

- Malaysia (ACMY), 2018, vol. 2, no 1, p. 11-15. Disponible en: <http://doi.org/10.26480/acmy.01.2018.11.15>
39. LIU, Yang, et al. Adsorption behavior of heavy metal ions from aqueous solution onto composite dextran-chitosan macromolecule resin adsorbent. International journal of biological macromolecules, 2019, vol. 141, p. 738-746. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.09.044>
40. LOU, Huiqing, et al. Adsorption performance of Cd (II), Cr (III), Cu (II), Ni (II), Pb (II) and Zn (II) by aminated solution-blown polyacrylonitrile micro/nanofibers. Water Science and Technology, 2018, vol. 2017, no 2, p. 378-389. Disponible en: <https://doi.org/10.2166/wst.2018.161>
41. MA, Zhuo, et al. The role S-nitrosylation in manganese-induced autophagy dysregulation in SH-SY5Y cells. Environmental toxicology, 2017, vol. 32, no 12, p. 2428-2439. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/tox.22457>
42. MAINA, Irene Wangari; OBUSENG, Veronica; NAREETSILE, Florence. Use of Moringa oleifera (Moringa) seed pods and Sclerocarya birrea (Morula) nut shells for removal of heavy metals from wastewater and borehole water. Journal of Chemistry, 2016, vol. 2016. Disponible en: <https://doi.org/10.1155/2016/9312952>
43. MARSIDI, Nuratiqah; HASAN, Hassimi Abu; ABDULLAH, Siti Rozaimah Sheikh. A review of biological aerated filters for iron and manganese ions removal in water treatment. Journal of Water Process Engineering, 2018, vol. 23, p. 1-12. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2018.01.010>
44. MASINDI, Vhahangwele; MUEDI, Khathutshelo L. Environmental contamination by heavy metals. Heavy metals, 2018, vol. 10, p. 115-132. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=dnuQDwAAQBAJ&lpg=PA115&ots=UXqoQqaQiQ&lr&hl=es&pg=PA115#v=onepage&q&f=false>
45. MAINA, Irene Wangari; OBUSENG, Veronica; NAREETSILE, Florence. Use of Moringa oleifera (Moringa) seed pods and Sclerocarya birrea (Morula) nut shells for removal of heavy metals from wastewater and borehole water.

Journal of Chemistry, 2016, vol. 2016. Disponible en:
<https://doi.org/10.1155/2016/9312952>

46. NORHERDAWATI, Kasim; ABDUL, Wahab Mohammad; SITI, Rozaimah Sheikh Abdullah. Iron and manganese removal by nanofiltration and ultrafiltration membranes: influence of pH adjustment. Malaysian Journal of Analytical Sciences, 2017, vol. 21, no 1, p. 149-158. ISSN 1394-2506
47. OMAR, Suhair, et al. A review on lead sources, occurrences, health effects, and treatment using hydroxyapatite (HAp) adsorbent made from fish waste. Water, Air, & Soil Pollution, 2019, vol. 230, no 12, p. 1-21. Disponible en:
<https://doi.org/10.1007/s11270-019-4312-9>
48. PAJARILLO, Edward, et al. Neurotoxicity mechanisms of manganese in the central nervous system. Advances in neurotoxicology, 2021, vol. 5, p. 215-238. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/bs.ant.2020.11.003>
49. QIN, Hangdao, et al. Mercury (II) adsorption from aqueous solution using nitrogen and sulfur co-doped activated carbon. Water Science and Technology, 2018, vol. 2017, no 1, p. 310-318. Disponible en:
<https://doi.org/10.2166/wst.2018.117>
50. QUEIROZ, Hermano M., et al. Manganese: The overlooked contaminant in the world largest mine tailings dam collapse. Environment international, 2021, vol. 146, p. 106284. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106284>
51. RASHID, Hirra; YAQUB, Ghazala. Bioadsorbents and Filters for Removal of Heavy Metals in Different Environmental Samples-A Brief Review. Nature Environment & Pollution Technology, 2017, vol. 16, no 4. ISSN: 0972-6268
52. ROSE, Peter, et al. Coating techniques for glass beads as filter media for removal of manganese from water. Water Science and Technology: Water Supply, 2017, vol. 17, no 1, p. 95-106. Disponible en:
<https://doi.org/10.2166/ws.2016.116>
53. SELLAOUI, Lotfi, et al. Equilibrium study of single and binary adsorption of lead and mercury on bentonite-alginate composite: experiments and application of

- two theoretical approaches. *Journal of Molecular Liquids*, 2018, vol. 253, p. 160-168. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2018.01.056>
54. SEYEDPOUR, S. Fatemeh, et al. Low fouling ultrathin nanocomposite membranes for efficient removal of manganese. *Journal of Membrane Science*, 2018, vol. 549, p. 205-216. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2017.12.012>
55. SHAHMIRZADI, Mohammad Amin Alaei, et al. Significance, evolution and recent advances in adsorption technology, materials and processes for desalination, water softening and salt removal. *Journal of environmental management*, 2018, vol. 215, p. 324-344. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.03.040>
56. SHAFIQ, M., et al. Removal of heavy metals from wastewater using date palm as a biosorbent: a comparative review. *Sains Malaysiana*, 2018, vol. 47, no 1, p. 35-49. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.17576/jsm-2018-4701-05>
57. SINGH, Simranjeet, et al. Current advancement and future prospect of biosorbents for bioremediation. *Science of the Total Environment*, 2020, vol. 709, p. 135895. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135895>
58. SUROVKA, Dalibor; PERTILE, Eva. Sorption of Iron, Manganese, and Copper from Aqueous Solution Using Orange Peel: Optimization, Isothermic, Kinetic, and Thermodynamic Studies. *Polish Journal of Environmental Studies*, 2017, vol. 26, no 2. Disponible en: <https://doi.org/10.15244/pjoes/60499>
59. TANG, Xiaobin, et al. Gravity-driven membrane filtration treating manganese-contaminated surface water: flux stabilization and removal performance. *Chemical Engineering Journal*, 2020, vol. 397, p. 125248. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2020.125248>
60. TAVLIEVA, Mariana P., et al. Thermodynamics and kinetics of the removal of manganese (II) ions from aqueous solutions by white rice husk ash. *Journal of Molecular Liquids*, 2015, vol. 211, p. 938-947. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2015.08.015>

61. THAPA, Rakshya. The burning issues of Conflict: A case study of Chitwan National Park, Nepal. *International Journal of Science and Research*, 2016, vol. 5, p. 542-547. Disponible en: ISSN (Online): 2319-7064
62. TOBIASON, John E., et al. Manganese removal from drinking water sources. *Current Pollution Reports*, 2016, vol. 2, no 3, p. 168-177. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s40726-016-0036-2>
63. VIJAYAN, Bejoy, et al. Spermine protects alpha-synuclein expressing dopaminergic neurons from manganese-induced degeneration. *Cell Biology and Toxicology*, 2019, vol. 35, no 2, p. 147-159. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10565-018-09449-1>
64. WANG, Diya, et al. The role of NLRP3-CASP1 in inflammasome-mediated neuroinflammation and autophagy dysfunction in manganese-induced, hippocampal-dependent impairment of learning and memory ability. *Autophagy*, 2017, vol. 13, no 5, p. 914-927. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/15548627.2017.1293766>
65. YANG, Kai, et al. Removal of multiple heavy metal ions using a macromolecule chelating flocculant xanthated chitosan. *Water Science and Technology*, 2019, vol. 79, no 12, p. 2289-2297. Disponible en: <https://doi.org/10.2166/wst.2019.230>
66. ZAINI, Halim; SAMI, Muhammad; ARIFIN, Ratna. Activated variation of adsorbent and variation of contact time effects on manganese (II) in groundwater by column system using peanut shell as bioadsorbent. En *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. IOP Publishing, 2019. p. 012092. Disponible en: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/536/1/012092>
67. ZHANG, Ying, et al. Biosorption of Fe (II) and Mn (II) ions from aqueous solution by rice husk ash. *Biomed research international*, 2015, vol. 2014. Disponible en: <https://doi.org/10.1155/2014/973095>
68. ZHANG, Yongjun, et al. Removal of emerging organic contaminants with a pilot-scale biofilter packed with natural manganese oxides. *Chemical Engineering Journal*, 2017, vol. 317, p. 454-460. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2017.02.095>

69. ZHAO, Meihua, et al. New trends in removing heavy metals from wastewater. Applied microbiology and biotechnology, 2016, vol. 100, no 15, p. 6509-6518. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00253-016-7646-x>

ANEXO

Anexo 1. Instrumento de recolección de datos

 Universidad César Vallejo	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO	
INVESTIGACIÓN:		
DATOS DEL AUTOR:		
PAGINAS UTILIZADAS	AÑO DE PUBLICACION	LUGAR DE PUBLICACION
TIPO DE INVESTIGACION:		
CÓDIGO:	ISBN	DOI
PALABRAS CLAVES:		
TIPO DE RESIDUO AGRÍCOLA		
TIPO DE MECANISMO USADO		
FACTORES QUE AFECTAN EN LA EFICIENCIA		
RESULTADOS:		
CONCLUSIONES:		

Elaboración propia