



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Capacidad adsorbente de metales pesados utilizando materiales
Lignocelulósicos en aguas contaminadas: Revisión sistemática**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL

AUTORAS:

Mena Chalco, Madelyn Arelis (0000-0002-1229-8372)

Perez Torres, Xiomara Joseline (0000-0002-4769-9547)

ASESOR:

Mgtr. Honores Balcázar, César Francisco (0000-0003-3202-1327)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA-PERÚ

2021

DEDICATORIA

Esta tesis va dirigida:

Con todo el amor inmenso que le tengo a mis padres Julia Chalco de Mena y Emilio Mena Sarmiento, gracias a su apoyo incondicional en toda mi vida y la inspiración que me brindó; a mis hermanos, Senovia, Jesús y Rafael por la motivación diaria. A mi pareja Enrique Nina que siempre confió en mí.

Madelyn Arelis Mena Chalco

Todo este este esfuerzo está dedicado a mis padres Ricardo Pérez Pino y Gladys Torres Portugal por haber sido mi guía y apoyo en formación universitaria y personal. A mis hermanas por su constante motivación a lo largo de mi vida. A mi novio Bryan Rodríguez por su apoyo incondicional.

Xiomara Joseline Perez Torres

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por guiarnos en cada momento, en cada paso que damos al poder culminar esta tesis, nos brindó fortaleza, capacidad y salud; a nuestros padres, hermanos y familiares más cercanos que siempre estuvieron fortaleciendo nuestras esperanzas de poder concluir la carrera, a la Universidad Cesar Vallejo que nos brindó la oportunidad de alcanzar nuestra meta, a nuestro asesor Dr. Fernando Sernaqué, quien con sus conocimientos y apoyo nos guio a través de proyecto.

Madelyn Arelis y Xiomara Joseline

ÍNDICE DE CONTENIDO

CARÁTULA.....	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	v
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	18
3.1 Tipo y diseño de investigación.....	18
3.2 Categorías, sub categorías y matriz de categorización apriorística.....	19
3.3. Escenario de estudio.....	20
3.4. Participantes.....	20
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	20
3.6. Procedimientos.....	21
3.7. Rigor científico.....	22
3.8 Método de análisis de datos.....	23
3.9. Aspectos éticos.....	24
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	25
V. CONCLUSIONES.....	44
VI. RECOMENDACIONES.....	45
REFERENCIAS.....	46
ANEXOS.....	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de categorización apriorística	19
Tabla 2. Artículos de material lignocelulósico adsorbente del metal plomo	26
Tabla 3. Artículos de material lignocelulósico adsorbentes del metal cadmio.....	27
Tabla 4. Artículos de material lignocelulósico adsorbentes del metal cromo	28
Tabla 5. Artículos de material lignocelulósico adsorbentes del metal cobre	29
Tabla 6. Artículos de material lignocelulósico adsorbentes del metal zinc.....	29
Tabla 7. Artículos de material lignocelulósico adsorbentes del metal níquel	30
Tabla 8. Artículos de material lignocelulósico adsorbentes del metal hierro	30
Tabla 9. Artículos de material lignocelulósico adsorbentes del metal manganeso.....	31
Tabla 10. Cantidad de artículos de metales pesados con material lignocelulósico	32
Tabla 11. Cantidad de artículos de material lignocelulósico como adsorbente del metal plomo	33
Tabla 12. Cantidad de artículos de material lignocelulósico como adsorbente del metal cadmio.....	42
Tabla 13. Cantidad de artículos de material lignocelulósico como adsorbente del metal cromo.....	42
Tabla 14. Cantidad de artículos de material lignocelulósico como adsorbente del metal cobre.....	43
Tabla 15. Cantidad de artículos de material lignocelulósico como adsorbente del metal zinc.....	43
Tabla 16. Cantidad de artículos de material lignocelulósico como adsorbente del metal níquel.....	43

Tabla 17. Cantidad de artículos de material lignocelulósico como adsorbente del metal hierro.....	44
Tabla 18. Cantidad de artículos de material lignocelulósico como adsorbente del metal manganeso.....	44
Tabla 19. Artículos de isoterma como adsorbente del metal plomo.....	45
Tabla 20. Artículos de isoterma como adsorbente del metal cadmio.....	45
Tabla 21. Artículos de isoterma como adsorbente del metal cromo.....	45
Tabla 22. Artículos de isoterma como adsorbente del metal cobre.....	46
Tabla 23. Artículos de isoterma como adsorbente del metal zinc.....	46
Tabla 24. Artículos de isoterma como adsorbente del metal níquel.....	46
Tabla 25. Artículos de isoterma como adsorbente del metal hierro.....	46
Tabla 26. Artículos de isoterma como adsorbente del metal manganeso.....	46
Tabla 27. Artículos de material lignocelulósico según su porcentaje de remoción adsorbente de metal plomo.....	47
Tabla 28. Artículos de material lignocelulósico según su porcentaje de remoción adsorbente de metal cadmio.....	48
Tabla 29. Artículos de material lignocelulósico según su porcentaje de remoción adsorbente de metal cromo.....	49
Tabla 30. Artículos de material lignocelulósico según su porcentaje de remoción adsorbente de metal cobre.....	49
Tabla 31. Artículos de material lignocelulósico según su porcentaje de remoción adsorbente de metal zinc.....	50
Tabla 32. Artículos de material lignocelulósico según su porcentaje de remoción adsorbente de metal níquel.....	51

Tabla 33. Artículos de material lignocelulósico según su porcentaje de remoción adsorbente de metal plomo.....	51
Tabla 34. Artículos de material lignocelulósico según su porcentaje de remoción adsorbente de metal plomo.....	52

RESUMEN

Se ha realizado esta investigación con el objetivo general de poder desarrollar la capacidad adsorbente de metales pesados utilizando materiales lignocelulósicos en aguas contaminadas, utilizando una metodología de revisión sistemática, siendo una investigación cualitativa- aplicada, con un diseño narrativo de tópicos utilizando fichas de análisis de contenido.

Se ha realizado el estudio de diferentes materiales lignocelulósicos para la adsorción de metales pesados en aguas contaminadas; entre los materiales de adsorción que se han utilizado están la cáscara de naranja (*Citrus sinensis*), marlo de maíz (*Zea mays*), fosa de azufaifo (*Ziziphus lotus*), tallos y hojas del jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*), cáscara de pepino (*Cucumis sativus*), carnauba (*Copernicia prunifera*), desechos de té (*Camellia sinensis*), seudotallo de plátano, Algas rojas (Rhodophyta), tuna (*Opuntia ficus-indica*), residuos de pomelo (*Citrus grandis*), residuos de cacao (*Theobroma cacao*), cáscara de sandía (*Citrullus lanatus*), caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), cocotero (*Cocos nucífera*), cáscara de granada (*Punica granatum*), cáscara de nogal (*Junglans regia*), ramas de manzano (*Malus domestica*), cáscara de coco (*Cocos nucífera*) L., biocarbón (residuos de madera y de estiércol), cáscara de ñame (*Dioscorea alata*) y bagazo de palma (*Arecaceae*). El biosorbente que predomina en el uso para la adsorción del Pb es la cáscara de naranja (*Citrus sinensis*); fue la más empleada en las investigaciones debido al lugar de procedencia. La isoterma que mejor se ajusta para la adsorción del Pb, Cd, Cr, Zn, Fe, Cu y Mn es la isoterma de Langmuir. El porcentaje de remoción para cada metal comprende desde el 80% a más de acuerdo a cada material lignocelulósico.

Palabras claves: Adsorción, metales pesados, material lignocelulósico

ABSTRACT

This research has been carried out with the general objective of being able to develop the adsorbing capacity of heavy metals using lignocellulosic materials in contaminated waters, using a systematic review methodology, being a qualitative-applied research, with a narrative design of topics using fact sheet content analysis.

The study of different lignocellulosic materials for the absorption of heavy metals in polluted waters has been carried out; Among the adsorption materials that have been used are orange peel (*Citrus sinensis*), maize marl (*Zea mays*), jujube pit (*Ziziphus lotus*), stems and leaves of the water hyacinth (*Eichhornia crassipes*), peel of cucumber (*Cucumis sativus*), carnauba (*Copernicia prunifera*), tea waste (*Camellia sinensis*), banana pseudostem, red algae, tuna (*Opuntia ficus-indica*), grapefruit residue (*Citrus grandis*), cocoa residue (*Theobroma cacao*), watermelon peel (*Citrullus lanatus*), sugar cane (*Saccharum officinarum*), coconut tree (*Cocos nucifera*), pomegranate peel (*Punica granatum*), walnut peel (*Junglans regia*), apple tree branches (*Malus domestica*), coconut peel (*Cocos nucifera*) L., biochar (wood and manure residues), yam peel (*Dioscorea alata*) and palm bagasse (*Arecaceae*). The biosorbent that predominates in the use for the adsorption of Pb is orange peel (*Citrus sinensis*); it was the most used in the investigations due to the place of origin. The isotherm that best fits for the absorption of Pb, Cd, Cr, Zn, Fe, Cu and Mn is the Langmuir isotherm. The removal percentage for each metal ranges from 80% to more according to each lignocellulosic material.

Keywords: Absorption, heavy metals, lignocellulosic material

I. INTRODUCCIÓN

El recurso hídrico es indispensable para la existencia de la vida incluyendo el progreso de la población, en la actualidad se observan cuadros de escasez hídrico y económico, por ende, es necesario que se actúe de inmediato con una gestión realmente competente para poder satisfacer nuestras necesidades sin poder arriesgar el futuro de la generación futura (Vargas, Trujillo y Torres, 2020, p.1). Por otro lado, la polución del recurso hídrico, generalmente es un desafío de gran magnitud que alberga a toda la sociedad, produciendo riesgos tanto para el ambiente y la población (Martínez, 2013, p.173).

La contaminación del ambiente y especialmente del recurso hídrico será siempre un inconveniente fundamental en todo el mundo. Los metales pesados presentes en efluentes cloacales, pueden causar distintos problemas como, por ejemplo, daños al ambiente y en ciertos casos puede afectar al hombre y animales (GIL et al., 2017, p.119). El mercurio, plomo y cobre, entre otros metales pesados son considerados como los mayores agentes tóxicos que hay en el ambiente, formando un riesgo grande para todo cuerpo viviente en la tierra, siendo incapaz de poder metabolizarlo o degradarlo (Rodríguez, Vergara, 2015, p.3).

En Sudamérica actualmente miles de poblaciones que viven en lugares de difícil acceso no tienen suministro de agua potable, por ende, el consumo es directamente de fuentes contaminadas tales como lagos, pozos, ríos, Etcétera (Torrejon, 2000, p.3). En el Perú, de acuerdo a la existencia de sus yacimientos mineros, la económica que se rige de acuerdo a la explotación minera, se observan cuadros de contaminación muy rigurosos donde los contaminantes químicos como metales se hallan en el agua para el abastecimiento de la población, esto representa un peligro crónico que poco a poco se va saliendo de las manos. La polución de las cuencas se manifiesta de una forma directa en las personas, teniendo como resultado alta toxicidad en la parte del norte, sur y en el centro del Perú (VILLENNA, 2018, vol. 35 n. 2). Lo que representa un grave problema constante para su salud. ya que esta agua sin un procedimiento

anterior casi constantemente llega contaminada debido a que muchas industrias vierten sus desperdicios de manera directa a las fuentes hídricas, representa un problema grave para el bienestar de la población que bebe el agua sin un tratamiento previo (Torrejon, 2000, p.3).

Entre las consecuencias de una alta concentración de metales pesados en la sangre se pueden caracterizar por efectos leves, moderados o crónicos, entre ellas tenemos irritaciones en la piel o congestión nasal, similares a una alergia, malestares del estómago, defensas bajas alterando el sistema inmunológico, neurológico o al sistema endocrino, daño en los órganos más importantes para la subsistencia humana, trastorno del patrimonio genético incluyendo malformaciones, daño neuronal, cáncer o hasta la propia muerte (Echeverry et al., 2015, p. 2). Por ende, el consumo del recurso hídrico con alta toxicidad como los metales pesados dan como resultado altas tasas de mortalidad y morbilidad (Kanwal et al., 2017, p.1). De tal motivo, es necesario que podamos aplicar algunos métodos para poder neutralizar o eliminar los metales pesados en el recurso hídrico como efluente (Fernández et al., 2018).

Teniendo presente esta problemática se formuló como pregunta para esta investigación ¿Cuál es la capacidad adsorbente de metales pesados utilizando materiales lignocelulósicos en aguas contaminadas?, como problemas específicos fueron:

PE1: ¿Cuáles son los principales materiales lignocelulósicos más utilizados para adsorber metales pesados en aguas contaminadas?

PE2: ¿Cuál es la isoterma que mejor se ajusta para la adsorción de metales pesados utilizando materiales lignocelulósicos en aguas contaminadas?

PE3: ¿Qué material lignocelulósico es más eficiente según su porcentaje de remoción para adsorber metales pesados en aguas contaminadas?

Por consiguiente, en dicha investigación se detallará una revisión sistemática de la capacidad adsorbente de metales pesados utilizando materiales lignocelulósicos en

aguas contaminadas como una propuesta innovadora que pueda solucionar problemáticas ambientales con respecto al recurso hídrico, con el fin que los investigadores puedan tener información de calidad, eficiente y de fácil acceso, para realizar proyectos posteriores.

La importancia de este trabajo de investigación recae en la necesidad de poder recopilar toda la información, estudios realizados, extraer una extensa literatura necesaria, concerniente a la adsorción de metales pesados utilizando materiales lignocelulósicos en aguas contaminadas con la intención de aportar al conocimiento ya existente y así recabar información inédita con relevancia para la literatura. La investigación se justifica teóricamente porque se desarrollan nuevas investigaciones actualizadas que explican la adsorción de metales pesados empleando diferentes materiales lignocelulósicos recabando información valiosa para nuevas investigaciones futuras.

De acuerdo a lo que se investigó hasta el momento se establecieron los siguientes objetivos en la investigación, poniendo como objetivo general: Desarrollar la capacidad adsorbente de metales pesados utilizando materiales lignocelulósicos en aguas contaminadas. Así mismo como objetivos específicos:

OE1: Señalar cuáles son los materiales lignocelulósicos más utilizados para adsorber metales pesados en aguas contaminadas.

OE2: Indicar cual es la isoterma que mejor se ajusta para la adsorción de metales pesados utilizando materiales lignocelulósicos en aguas contaminadas.

OE3: Indicar que material lignocelulósico es más eficiente según su porcentaje de remoción para adsorber metales pesados en aguas contaminadas

II. MARCO TEÓRICO

Félix Oliveira et al. (2020) realizaron una investigación utilizando como material biosorbente Carnauba (*Copernicia prunifera*) biomasa de palmera, aplicándolo para remover Pb (II) y Cd (II) en medio acuoso. Se realizó la primera prueba utilizando 50 ml de solución de NaCl 0,1 mol / L 99% a un pH inicial que oscila entre 2,0 y 9,0. La solución salina que contiene 5 g / L del adsorbente se mantuvo en agitación durante 24 h en una incubadora con. En el modelo pseudo- segundo orden presentó un mejor ajuste a los datos experimentales, lo que sugiere que la adsorción química es el mecanismo que se espera que controle la velocidad del proceso. El equilibrio se alcanzó a los 120 min de tiempo de contacto. Esta biomasa residual presenta una estructura amorfa con potencial zeta bajo y negativo debido a la presencia de grupos orgánicos aniónicos en su superficie, lo que promueve altas afinidades con el metal. Este biosorbente se puede utilizar eficazmente para eliminar metales potencialmente tóxicos de medio acuoso.

Zhao et al. (2020) realizaron la adsorción de Cu (II) y Zn (II), con biocarbón de ramas de árboles de manzana, se mostró que 5g BC. L-1 es la temperatura para la eliminación de Cu (II) y Zn (II) en aguas residuales con a un pH de 5.0 para todos los BC cuando la concentración inicial de Cu (II) y Zn (II) fueron 64 y 65 mg L⁻¹, respectivamente la eficiencia de adsorción se logró a un pH de 5.0 para todos los BC. Mientras tanto, para los BC probados, las capacidades de adsorción de Cu (II) y Zn (II) siguieron el orden: BC500> BC600> BC400> BC300 en las mismas condiciones de pH (excepto a un pH de 2,0). Los experimentos cinéticos indicaron que la sorción de Cu (II) y Zn (II) ocurrió rápidamente dentro de las primeras 6h, y el tiempo requerido para alcanzar el equilibrio fue de aproximadamente 1440 min.

Shaikhiev et al. (2020) determinó con el estudio de la adsorción de Zn (II) con cáscara de la nogal común, una especie de plantas leñosas de la familia de las nueces (*Junglans regia*), modificada con ácido cítrico a una concentración 0,5-2,0 M. La dosis de la cáscara fue de 20 g en 200 cm³ de la solución modificadora. Los resultados de la investigación mostraron que la máxima capacidad de adsorción de la cáscara de

nogal en relación a los iones Zn (II) se logra cuando se utiliza una concentración de ácido cítrico de 2 M. Se determinó que la modificación de la cáscara *Caryaillinoensis* aumenta su capacidad máxima de adsorción de iones Zn^{2+} en 2,5 veces (27,86 mg / g) debido a un aumento en la concentración de grupos carboxilo en la superficie del adsorbente. Se reveló que la capacidad de adsorción de la cáscara aumentó considerablemente debido a un aumento en el pH de la solución de 3 a 6, determinado que el grado de remoción de los iones anteriores después de 150 min del proceso de sorción es 96, 90 y 80%, respectivamente.

Cardona et al. (2013) detalla la adsorción del plomo (II) y zinc (II) empleando cáscara de naranja seca con y sin cloruro de calcio, evaluando la capacidad biosorbente y porcentaje de remoción, se midieron 7 parámetros fisicoquímicos como son: pH, temperatura, cantidad de la biomasa, tiempo de contacto, concentraciones del metal y tipo de tratamiento. En total se realizaron 8 muestras, de las cuales a algunas se les aplicó cloruro de calcio a 0.2 M, con la finalidad de conseguir mayor estabilidad mecánica. El experimento número 4 (con un pH de 5, a 0.4mm del tamaño de la partícula, a 0.5g de solución de cáscara y a 2 horas de tratamiento, a una temperatura de= 50°C y una biomasa con reticulación de cloruro de calcio) demostró ser eficiente a un 99.5 % con respecto a la remoción del plomo (II) con capacidad de remoción de 9.39 mg de Pb (II) / g de cáscara de naranja. Por concerniente a la eliminación del zinc (II) se obtuvo un porcentaje de remoción del 99.5%, siendo el de mejor resultado la muestra 3 donde el pH oscila en 5 con 0.48mm del tamaño de partícula a un tiempo de 4 horas y a una temperatura de 25 °C y biomasa sin reticulación.

Oré et al. (2015) utilizó el marlo de maíz para la biosorción de Pb (II) en aguas residuales de mineras con presencia de este contaminante, mediante un sistema por lotes (pH inicial de la solución, tiempo de contacto, dosis del biosorbente y concentración inicial de la solución de Pb (II)). Los datos experimentales de equilibrio fueron correlacionados usando dos modelos de parámetros entre ellas está: Langmuir y Freundlich, siendo Langmuir el tipo de isoterma más eficiente con una cúspide de saturación de 7,9 mg/g, por consiguiente, se concluyó que el marlo de maíz en

monocapa tiene la capacidad máxima de remoción al 97 % de Pb (II), con 4g/L de biosorbente, pH= 5 y con un tiempo de agitación de 90 minutos.

Lara et al. en el 2016; se empleó (*Theobroma cacao*) como biomasa para eliminar el Pb y Cd de una solución acuosa sintética, por medio de un sistema continuo de lecho fijo. Se determinó que el efecto cúspide remoción de Pb y Cd, con parámetros relativamente constantes (pH de 6, concentración inicial de los metales= 100 mg/L y velocidad de flujo= 6 mL/min). En el experimento se afirma que la mazorca de (*Theobroma cacao*) tiene gran capacidad de remoción del Pb (II) dando como resultado una remoción de 91,32 % y para el caso del Cd (II) un porcentaje de remoción del 87,80%, después de transcurridos 4,5 h. Concluyendo que dicha biomasa es de bajo costo y una excelente alternativa verde.

Vizcaíno et al. en el 2017; en este artículo se detalla la capacidad de remoción del Pb (II) en soluciones acuosas, utilizando tallos y hojas del Jacinto de agua común (*Eichhornia crassipes*). A una temperatura de 700°C -800°C. (pH= 5,5, con un contacto= 3 h, a 0,2 g de biomasa/200 mL). El modelo de isoterma que mejor se ajustó fue el de Langmuir, con en el tallo y en las hojas, obteniendo una máxima capacidad de adsorción del plomo (II) utilizando el tallo del jacinto de agua común a 172.14 mg/g. En los experimentos realizados se obtuvo una remoción superior al 97% de Pb (II), al utilizar una temperatura mayor o igual a 800 °C para la calcinación de tallos y hojas, se logra estabilizar la biomasa. Se tuvo como conclusión que el jacinto de agua común (*Eichhornia crassipes*) posee gran facultad de fitorremediación en aguas contaminadas.

Basu et al. en el 2017; en esta investigación se exploró la competencia de la cáscara de pepino (CP) para la adsorción de plomo (pH= 5.0 y a una temperatura de incubación de 30 °C). El proceso de adsorción utilizando la cáscara de pepino, se desarrolló de forma rápida dentro de un rango de tiempo de 60 minutos obedeciendo a una cinética de velocidad de pseudo segundo orden. Se utilizó 1,0 g de sorbentes el cual fue capaz de adsorber 133,60 mg de plomo como cantidad máxima, se utilizó la isoterma de Langmuir, ejecutado con éxito utilizando HCl como eluyente. El estudio cinético ilustró

que el 90% del metal como es el plomo podría eliminarse dentro de los primeros 15 minutos, lo que garantiza su perspectiva de aplicación práctica, teniendo un porcentaje de remoción del 96% al finalizar el tiempo. La biomasa se caracterizó por diferentes análisis instrumentales como TGA, SEM, EDAX, XRD, FTIR y medición de potencial zeta que autenticado oficialmente el fenómeno de sorción. La elución posterior a la adsorción del metal cargado fue satisfactoria.

Gao et al. en el 2020; este estudio detalló la adsorción del Pb (II) con biocarbón de pozo de azufaifo (JPB) en solución acuosa, que se derivó de la fosa de azufaifo por pirólisis y se usó como un adsorbente prometedor y económico. Más lo que es más importante, la utilización de JPB podría realizar el reciclaje de residuos agrícolas. El JPB fue caracterizado utilizando tecnologías científicas convencionales, incluyendo SEM, BET y FT-IR, y la adsorción. La capacidad de JPB para los iones de plomo se investigó de acuerdo con diferentes parámetros de adsorción (datos de cinética, pH de la solución, datos de isothermas y temperatura de la solución). Los resultados de los datos cinéticos sugieren que el proceso de adsorción de iones de plomo por JPB podría ser rápido para alcanzar el equilibrio en 30 min. La adsorción del JPB para Pb (II) se calculó como máximo (137,1 mg/g con un pH 6,0). Más importante aún, después de cinco ciclos de desorción y reutilización, el JPB todavía alcanzó el 70% de su capacidad de adsorción original.

Lavado et al. en el 2016; en esta investigación se estudió la remoción del Plomo (II) en soluciones acuosas utilizando (*Zea mays*), la cual se modificó químicamente con NaOH a 0,2 M, utilizando un sistema Batch y teniendo un incremento de la capacidad de adsorción al 40% sin modificación. Se utilizó el sistema (FTIR). Evaluándose la capacidad adsorbente con estos parámetros con 60 minutos de tiempo de contacto, un pH de 5 a 0.07 mm de tamaño de partícula, utilizando un modelo de Pseudo segundo orden y para los datos experimentales empleó el modelo de Langmuir ya que fue el que mejor se ajustó.

Ben et al. (2016) en el presente estudio se hace la investigación de la capacidad adsorbente de biomasa natural, en este caso se utilizó el biosorbente de la cáscara de

granada sin tratar (PGP) para eliminar los iones de Cu (II). El biosorbente natural de PGP ha proporcionado, por primera vez en la literatura, una alta eficiencia de eliminación de iones de cobre. La capacidad cuspide desde adsorción de Cu (II) se obtiene a pH = 5,8, para un tamaño de partícula de 630 mm, una temperatura de 313 K, un tiempo de contacto de 2 h, y aumentando la concentración inicial de Cu (II) solución. Se han utilizado modelos de isothermas de Langmuir, Freundlich, Dubinin Radushkevich y Temkin.

Guiza (2017) realizó una investigación usando residuos de cáscara de naranja para la adsorción de iones de Cu (II). El proceso de adsorción dependerá de varios factores a considerar. La cinética de adsorción fue relativamente rápida y equilibrada, el pH óptimo fue de 5,0. El contrapeso de adsorción sigue el modelo de isoterma de freundlich. El valor máximo de capacidad de adsorción del (CWOP) para iones de cobre fue de 63 mg / g. El estudio mostró que la adsorción de iones de cobre en (CWOP) es espontánea y exotérmica. El modelo cinético de transferencia de masa final se aplicó a los resultados experimentales y proporcionó unos coeficientes volumétricos de transferencia.

Pérez et al. (2014) en la presente investigación se estudió la adsorción de Cr (VI) utilizando la cáscara de palma de coco (*Cocos nucifera L.*). Como materia orgánica. Se obtuvo la adsorción de Cr (VI) (pH= 3; tamaño de partícula menor que 0,074 mm; dosis de adsorbente= 5 g.dm y tiempo contacto de 1 hora). A mínima concentración del metal (1,0; 1,5 y 1,84 mg.dm⁻³) se observó que la remoción fue superior a 90, en cambio en altas concentraciones (2,5 y 3 mg.dm⁻³), se alcanzó remoción inferior a 90 %. El estudio realizado por los modelos Langmuir y Freundlich, con correlación de ambos modelos de 0,994 y 0,991 respectivamente. Logra la remoción de Cr (VI) a valores de pH de 3 y 7 unidades en una matriz real, alcanzando valores de remoción de 96,85 % y 93,71 % respectivamente.

Vizcaíno et al. (2015) informaron que la toxicidad de metales pesados como el Cd, Pb y Zn son superiores y son considerados como los metales con más alta toxicidad, por este motivo se realizó el estudio de evaluación de la capacidad de remoción de dichos

metales, gracias a la utilización de Algas rojas (Rhodophyta) y cáscaras de naranja y tuna guajira. El estudio se realizó por el modelo por lotes o ensayo de batch. En este se utilizó soluciones de calcio (Ca) y sodio (Na), llegando a alcanzar grandes resultados con respecto a las algas modificadas con NaOH y la tuna modificada con CaCl₂ a 0.2 M. Con un resultado poco significativo ($\leq 1\%$) por el proceso de adsorción en placas planas de tul poliéster. La eficacia de la remoción se concluyó por medio de un reactor (pH= 4,5, flujo continuo, columna fija, volumen liquido= 400 mL, biomasa = 75g y tiempos de retención promedio de 1 y 2 h). La conclusión señala una eficacia equivalente entre los tres materiales orgánicos usados para remover el Cd y Pb, con promedios mayores al 95%, y de acuerdo con el Zn se obtuvo una mejor remoción con una eficiencia del 62% esto se dio debido a aplicar tuna modificada como adsorbente. En conclusión, la biomasa se calcinó a 700 °C, dando como resultado una ceniza estable frente a soluciones ácidas.

Tejada (2015) Indica que el empleo de una biomasa de cáscara de naranja (*Citrus sinensis*) para eliminar problemas de toxicidad como son los metales pesados es una buena alternativa, como un adsorbente de Cr (VI) en soluciones acuosas contaminadas. Desarrollando separación de las cáscaras de naranja llevando a cabo un análisis elemental y espectroscopia de infrarrojo, determinando la concentración de Cr (VI) desarrollado a través de un método espectrofotómetro UV-vis. Observando que dicha biomasa presenta una remoción de 66,6 % de Cr (VI) en un tiempo de 120 min. Utilizando el modelo de isoterma de Langmuir ya que logra mostrar una mejor capacidad de adsorción de 16,66 mg/g. El proceso se desarrolló con el comportamiento de adsorción de pseudo-segundo orden. Se concluyó con la investigación dando a conocer que la adsorción de iones de Cr (VI) sobre cáscara de naranja se dieron a pH de 3 y un tamaño de adsorbente de 0,425 mm de una manera más eficaz. Así mismo de logro comprobar que estas podrían ser usadas para remover Cr (VI) de aguas contaminadas.

Chen et al. (2020) en esta investigación sobre adsorción de rieles por biocarbón derivado de la cáscara de sandía y mecanismo en solución acuosa, la cáscara de

sandía se procedió con la deionización de agua y luego se secó en un horno a 90 ° C durante 24 h. La trituradora se utilizó para romper la cáscara seca y el polvo se tamizó a través de un tamiz de 80 mallas. El polvo se pirolizó en un horno tubular aireando nitrógeno de alta pureza. y aislar el oxígeno, donde la temperatura terminal se mantiene se fijó en 400 ° C, 500 ° C y 600 ° C, respectivamente. La temperatura del horno se elevó en primer lugar a 400 ° C (500 ° C y 600 ° C) con una tasa de 10 ° C / min, luego se mantuvo durante 120 min y finalmente se enfrió a 5 ° C / min. El pH de las soluciones iniciales se ajustó a 5, y luego el sistema de mezcla se agitó a 200 rpm en un agitador para hacer reaccionar 1 h a 25°C. La suspensión se filtró con una membrana de 0,45 µm después de la adsorción, y los líquidos filtrados se digirieron con ácido nítrico (10%) y se filtraron a través de una membrana de 0,22 µm de nuevo con un filtro de jeringa. Finalmente, todas las muestras se midieron a través del espectro de adsorción atómica. Además, para investigar el impacto en la competitividad entre cada ion metálico, la mezcla de tres metales también hizo los mismos experimentos que antes. los experimentos se realizaron por triplicado. La suspensión se filtró con una membrana de 0,45 µm después de la adsorción, y los líquidos filtrados se digirieron con ácido nítrico (10%) y se filtraron a través de una membrana de 0,22 µm nuevamente con una jeringa filtrar. Finalmente, todas las muestras se midieron mediante el espectro de adsorción atómica.

Peng et al. (2020) investigó en la siguiente investigación Un biosorbente en forma de cuenco derivado del bagazo de caña de azúcar. lignina para la adsorción de iones de cadmio (Cd) un biosorbente funcionalizado en forma de cuenco (BSB) derivado de la lignina extraída del bagazo fue sintetizado con éxito por una emulsión inversa método de polimerización. Caracterizaciones estructurales indicar claramente la forma de cuenco y abundantes grupos funcionales que incluyen hidroxilo, amina / amino grupos de la BSB. La capacidad de adsorción que es 3,2 veces de la lignina original, la adsorción de Cd²⁺ por el BSB está de acuerdo con el modelo de adsorción de Freundlich y el gran valor de n. El proceso de eliminación de Cd²⁺ por BSB está en línea con la cinética de pseudo- segundo orden modelo, y el paso de control es la complejación química entre el Cd²⁺ y sitios tensioactivos que incluyen los grupos

amina / amino e hidroxilo en el BSB. Eso también muestra una buena reutilización para la adsorción de Cd 2 en agua, la cantidad de adsorción solo disminuye en un 4,3% por ronda durante cinco ciclos repetidos.

Ramírez et al. (2015) se evaluó que la adsorción de iones Pb (II) sobre lignina recuperada del licor residual generado en el proceso de producción de papel a partir de pseudotallos (vástago) de plátano. Mediante espectroscopia de infrarrojo la lignina fue caracterizada con la finalidad de reconocer sitios activos para el proceso de adsorción de metales pesados para ser utilizados en la investigación. Entre los parámetros se utilizó a un pH de 13, con un tiempo de 30 minutos, a 0.5mm de tamaño de partícula, a una temperatura de 60 °C. Se determinó mediante isothermas de adsorción - desorción de nitrógeno (N₂). La lignina muestra una adsorción en un área superficial de 840 m²/g y un volumen total de poros de 0.30 cm³/g post uso de recuperación. Se logró estimar su capacidad de adsorción con la concentración inicial de los iones, se prepararon soluciones de Pb 2+ 0.6, 0.8 y 1.0 mg. Finalmente, se determinó la concentración final de Pb (II) por medio de espectroscopia de adsorción atómica, encontrando remociones de 55%.

Tejada et al. (2016) en la investigación propone la adsorción de Ni (II) cáscaras de ñame y bagazo de palma, ambas biomásas tratadas con ácido cítrico. El procedimiento fue realizado por el sistema batch en agua contaminada con Ni (II) con una concentración de 100 ppm. Este proceso de adsorción es dependiente del pH, con valor 6, dado que es la concentración residual medida por espectroscopia de adsorción atómica. Así mismo se descubrió que el níquel es de rápida sorción de 50 minutos., además el modelo de Elovich fue el de mejor ajuste. La capacidad máxima de adsorción según la isoterma de Langmuir fue de 68,14; 47,93; 103,3 y 58,7 mg/g para las cáscaras de ñame y el bagazo de palma sin modificar, y modificados químicamente respectivamente, mostrando el valor potencial del uso de estos materiales orgánicos en la remoción de Ni (II).

Tejada et al. (2015) en este trabajo se muestra un análisis tipo batch de la adsorción de Pb (II) y Ni (II) en solución binaria usando tusa de maíz y cáscara de naranja, para

evaluar la utilización de materiales de desecho en procesos de descontaminación de efluentes. Las condiciones de trabajo fueron pH 6,0 y tamaño de biomasa de 0,5 mm. Las concentraciones iniciales de cada metal se variaron en un rango de 25, 50, 75 y 100 ppm. Las mediciones de concentración residual de los metales se han realizado por adsorción atómica, destinados a establecer el impacto que tiene la concentración inicial de cada metal y las resoluciones binarias en el porcentaje de remoción de los contaminantes. Además, se muestra el ajuste de los datos experimentales con los modelos de isotermas de Freundlich y Langmuir, consiguiendo de esta forma establecer la acción adversario de cada metal en relación a la biomasa usada.

Pérez et al. (2020) en esta investigación se empleó la cáscara de cacao como bioadsorbente natural para remover Cr (VI) en agua contaminadas provenientes de curtiembres. Tenemos la presencia de grupos funcionales (lignina, celulosa, hemicelulosa), para adsorción de los iones metálicos del cromo. La temperatura y el diámetro de partícula sobre el porcentaje de metal adsorbido fue estudiado. Mediante la adsorción atómica se reconoció la concentración de solución del metal, dando una adsorción máxima de 24.7% a temperatura de 28°C y 0.8mm diámetro de partícula. En el modelo de Isoterma de Sips tenemos mejor eficacia. El modelo de pseudo segundo orden fue ajustado a una mayor correlación con la investigación. Los materiales orgánicos encapsulan el cromo mediante la técnica de estabilización / solidificación para su disposición final.

Rodríguez et al. (2019) el presente trabajo evaluó la tecnología bioadsorción de biomasa de caña de azúcar para la remediación de las aguas de la laguna azul, en el cobre en Santiago de Cuba con alto contenido de iones metálicos. Se realizó el monitoreo de 2 puntos situados en los extremos del reservorio de agua. La investigación de adsorción demostró que los materiales orgánicos utilizados en este caso la caña de azúcar es capaz de remover 5,31 % de manganeso Mn en condiciones naturales, el 33,36 % una vez tratada con NaOH y el 58,42 % bajo tratamiento con H₃PO₄, a un valor de pH de 4,3 y una masa de adsorbente de 0,5 g/50mL.

Kettum et al. (2021) en esta investigación se utilizó material lignocelulósico derivados de residuos de cáscara de coco se prepararon mediante un tratamiento hidrotermal. Las espumas mostraron adsorciones de Cu (II) de biocarbón, mientras que el grupo carbonilo (-COOH). La adsorción fue óptima en el rango de pH de 2 a 5 para todas las espumas de carbón, a un tiempo de 250 minutos, con un tamaño de partícula de 0.25 mm a 30 °C, el mecanismo de sorción que se empleó fue el modelo de Langmuir. Las espumas de carbono funcionalizadas se pudieron reutilizar hasta por cuatro ciclos, aunque se observó una disminución gradual en la eficiencia de eliminación. Este enfoque ofrece un material polimérico bio-renovable capaz de adsorber iones de metales pesados de los medios acuosos y muestra potencial para el tratamiento eficaz de aguas residuales. La adsorción selectiva de iones metálicos para iones metálicos mixtos con las medidas adecuadas, como la espectroscopia de adsorción atómica (AAS) y el espectrómetro de plasma acoplado inductivamente (ICP), sería beneficioso para realizar más estudios sobre la investigación de la adsorción selectiva de iones metálicos mixtos, especialmente para aguas residuales. aplicación de tratamiento.

Hakancelebi et al. (2020) se empleó (*Camellia sinensis*) para la adsorción de metales pesados. El objetivo de este estudio fue probar la eliminación de cuatro metales pesados, a saber, plomo (Pb), zinc (Zn), níquel (Ni) y cadmio (Cd), utilizando agua simulada con residuos de té elaborado como adsorbente potencialmente adecuado. Se examinaron los efectos de los niveles de pH (2,0–6,0), la cantidad de adsorbente (0,1–5,0 g) y los tiempos de contacto (1–150 min.) Durante todo el proceso de adsorción. Los resultados de los experimentos mostraron que los rendimientos de eliminación de metales pesados tenían una relación inversa con el pH y una relación lineal entre los otros parámetros. El óptimo para la remoción de metales pesados fue entre 4.0 y 5.0 en el caso de los desperdicios de té elaborado. Se requirieron tiempos de equilibrio de 2, 10, 30 y 5 min para la adsorción de Pb, Zn, Ni, Cd sobre (*Camellia sinensis*), respectivamente. Podemos concluir que los desechos de té elaborado tienen un alto potencial para eliminar metales pesados de soluciones acuosas. Las capacidades máximas de adsorción se calcularon como 1.197, 1.457, 1.163 y 2.468

mg / g, para Pb, Zn, Ni y Cd, respectivamente, ajustando los datos de equilibrio al modelo de isoterma de Langmuir.

PinjingHe et al. (2017) se investigó la adsorción en biocarbón, con mecanismos confirmados por espectroscopía de matriz de excitación-emisión, espectroscopía de infrarrojos por transformada de Fourier y microscopía electrónica de barrido. Carga HA mejorada Cu^{2+} adsorción en biocarbón, con un aumento máximo del 55.0% que se produce con una carga de HA de 100 mg-C / L. Cu^{2+} adsorción, que disminuyó a concentraciones de HA > 100 mg-C / L debido a la autoasociación de HA a altas concentraciones de carga. Por el contrario, la carga de FA no provocó ninguna mejora en Cu^{2+} adsorción en biocarbón. FA fue adsorbido a través de la unión de H con los grupos funcionales del biocarbón, lo que estableció una competencia con Cu^{2+} para la adsorción en biochar.

Yu et al. (2018) se investigó y confirmó la capacidad de adsorción de cáscaras de pomelo sobre plomo (II) de soluciones acuosas sin modificaciones. Cuatro variables de este estudio, pH, temperatura, tiempo y concentración inicial de Pb (II), afectaron significativamente la tasa de adsorción de las cáscaras de pomelo, flexible y sin esfuerzo para obtener una tasa de adsorción que alcanza el 99,9% y 20 mg / L para la concentración inicial de Pb (II), 3 para el pH, 50 ° C para la temperatura y 210 min para el tiempo fue una elección. El modelo de Langmuir indicó que el mecanismo de adsorción de las cáscaras de pomelo era la adsorción en monocapa con la ayuda de la adsorción física y la unión química, que se demostraron mediante microscopía electrónica de barrido y transformada de Fourier, respectivamente. calcio (II), magnesio (II), cobre (II) y zinc (II). Las cáscaras de pomelo tenían el potencial de ser utilizadas en la adsorción simultánea de iones de metales pesados tóxicos. La capacidad de las cáscaras de pomelo para adsorber plomo (II) de soluciones acuosas no se vio interferida con la presencia de calcio (II), magnesio (II), cobre (II) y zinc (II). Las cáscaras de pomelo tenían el potencial de ser utilizadas en la adsorción simultánea de iones de metales pesados tóxicos. Se llegó a la conclusión que la

cáscara de pomelo tiene el potencial de ser utilizadas en la adsorción simultánea de iones de metales pesados tóxicos.

El recurso hídrico o más conocido como el agua es un recurso proporcionado por la tierra para el desarrollo de las poblaciones y la subsistencia, normalmente lo encontramos con un porcentaje del 70% en la superficie de la tierra, hallándolo en el suelo, lagos, ríos, en el aire y en sus 3 fases: sólida, líquida y gaseosa de acuerdo a la temperatura y presión natural (Fernández, 2012, p. 148,150). Según la ONU, indica que el recurso hídrico es un recurso esencial para la vida, sin embargo, es considerado como un recurso (2005, p.3). El agua tiene como propiedad ser líquida, pura, incolora, insípida e inodora y se compone únicamente de moléculas de H₂O. A veces también se le llama óxido de hidrógeno o monóxido de hidrógeno (Boyd, 2020).

Hoy en día el recurso hídrico está teniendo cambios drásticos que alarman la existencia de los ecosistemas para satisfacer las necesidades en distintos ámbitos, por ello se considera como un factor primordial poder conservar dicho recurso (Retamal et al., 2013). En la actualidad el recurso hídrico está siendo afectado por contaminantes en especial por los metales pesados, estos metales están caracterizados por poseer alta toxicidad y un poder bioacumulativo en concentraciones elevadas según los valores recomendados para la salud. Se ve afectada por contaminación de metales pesados de diferentes procesos (Segura, et al, 2003, vol. 53 n 1, p 59-64).

Se entiende por metal pesado a aquellos elementos con alto peso atómico, potencialmente tóxicos, generalmente los podemos utilizar en distintos procesos industriales, tenemos el plomo (Pb), cadmio (Cd), cobre (Cu), mercurio (Hg) y níquel (Ni), también puede ser dañino para la flora y fauna, incluso en bajar concentraciones (Rodríguez, 2017). Entre los metales ligeros son los elementos que tienen una densidad relativamente menor a 4.5 entre ellos se encuentra el aluminio (Al), magnesio (Mg), titanio y berilio (Londoño, et al, 2015). La toxicidad que se genera por el uso de metales pesados sobre la flora y la fauna dependerá de la disponibilidad en la que se encuentre, tipo de metal y porcentaje de concentración (Hidalgo, et al, 2020).

Diferentes industrias emiten residuos de alta toxicidad que se terminan transfiriendo de forma directa al ambiente sin cumplir los estándares (Marcovecchio; et al, 2013). La densidad de los metales es la relación de la masa con respecto al volumen del material, normalmente los metales poseen una densidad alta (Soto, et al, 2020). Los metales pesados generan impactos negativos en la salud a largo plazo, dado que se debe a una exposición a grandes cantidades de agentes contaminantes para que se dé en una manifestación clínica, sin saberlo, las personas pueden haber estado expuestas a fuentes de agua que contienen metales de manera natural o a causa de la actividad del hombre, lo cual hace difícil medir o decir que alguien se ha enfermado a consecuencia de la exposición a estas aguas con presencia de metales pesados, esta exposición siempre implica el riesgo de contraer alguna enfermedad crónica degenerativa (Ministerio de Salud del Perú, 2012).

El elemento del níquel es relativamente abundante en la atmósfera y es liberado por las industrias, como consecuencia a una larga exposición se tiene una alta sensibilidad de la piel dando como efecto un sarpullido, a la larga las personas pueden sufrir de asma o sensación de falta de aire (Prieto, et al, 2020, vol 47, n4, p 57-68). La alta exposición al cadmio trae como consecuencia algún tipo de cáncer a la piel o a los mismos órganos, con alteraciones en la salud mental de las personas (Pernia, et al, 2018, p 89-105).

Actualmente se cuenta con diversas alternativas que conllevan a una eliminación de los metales pesados en aguas contaminadas, tales como una alternativa es la adsorción que naturalmente se somete a la remoción de los iones de metal en cursos de agua (Tejada, et al, 2015). La filtración por membrana, es una técnica utilizada generalmente para la recuperación de sales metálicas usadas en procesos de galvanoplastia, producción de alimentos, aceites, etc., entre sus ventajas tiene alta eficiencia, fácil operación, no ocupa mayor espacio, como efecto adverso genera lodos con iones metálicos, por lo cual no es una alternativa completamente eficiente. Tiene diferentes técnicas tales como la microfiltración, nanofiltración y la ultrafiltración (Pabón, et al, 2020). Los métodos más comunes son el ablandamiento y la

desionización, tiene costos altos, no elimina eficazmente los iones metálicos o bacterias (Water quality information, 2019). Podemos encontrar isoterma para la adsorción de metales pesados entre ellos tenemos el isoterma de Langmuir es una de las más empleadas en los estudios de adsorción por lote, según reportes de científicos se usa ampliamente en el ajuste de datos experimentales relacionados con la eliminación de metales pesados, colorantes y contaminantes orgánicos; el isoterma de Freundlich donde este modelo supone que la superficie del adsorbente es heterogénea y que los sitios de adsorción tienen distintas afinidades y posteriormente se va ocupando el resto, para un crecimiento en multicapa (Castellar,2013).

El material lignocelulósico consiste generalmente en tres tipos diferentes de polímeros, celulosa, hemicelulosa y lignina (Cortes, 2014, pág. 40). La celulosa es un compuesto orgánico de gran abundancia y está compuesta por subunidades de D-glucosa unidas por un enlace glucosídico β 1-4. La celulosa en una planta se compone de piezas con una estructura cristalina. Las capas de celulosa se juntan y forman las llamadas fibrillas de celulosa o paquetes de celulosa, estas fibrillas de celulosa son en su mayoría independientes y débilmente unidos a través de enlaces de hidrógeno (Pettersen,1984). La hemicelulosa es una estructura compleja de carbohidratos que consiste en polímeros de diferentes azúcares como xilosa y arabinosa (pentosas), manosa, glucosa y galactosa (hexosas) y ácidos de azúcar. El componente dominante de la hemicelulosa de la madera y plantas agrícolas es el xilano. La lignina es, después de la celulosa y la hemicelulosa, uno de los polímeros más abundantes en la naturaleza y está presente en la pared celular. El objetivo principal de la lignina es dar a la planta el soporte estructural, impermeabilidad, y la resistencia contra el ataque microbiano y el estrés oxidativo (Fengel, et al,1984). Los materiales lignocelulósicos también son la transformación de la biomasa celulósica hasta azúcares fermentables y posteriormente a etanol u otros productos de fermentación (Torres, 2017, vol.25, n.4, pp.733-743).

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

3.1.1 Tipo de investigación

El tipo de investigación aplicada generalmente investiga la generación de conocimiento con una adaptación de los problemas de la sociedad o el sector productivo, brindando solución a problemas sociales con tecnologías, se rige a través de las invenciones tecnológicas de la investigación básica, relacionando lo teórico con lo práctico (Lozada, 2014, p. 35). La investigación aplicada se encuentra relacionada con la investigación básica, dependiendo de los principios científicos para su ejecución (Vargas, 2009, p.160). De este modo esta investigación es de tipo aplicada debido a que se mencionan tecnologías, metodologías con el fin de solucionar problemas sociales, con el uso de los materiales lignocelulósicos para la adsorción de metales pesados que tienen alta toxicidad para la salud pública.

3.1.2 Diseño de la investigación

Loayza, 2020 indica que, una investigación cualitativa se enfoca en los análisis de significados, experiencias, conceptos, pensamientos, ideas, percepciones o sentimientos. La investigación cualitativa investiga el por qué o como sucede un fenómeno, dicha investigación cualitativa se basa en compilar datos (imágenes, texto, palabras) por medio de observaciones, fotografías revisiones científicas de documentos. De tal motivo que, la presente investigación que se está realizando es de un enfoque cualitativo porque se hace una discusión de acuerdo a los artículos científicos que utilizamos para recopilar información en primera instancia y posteriormente poder llegar a una conclusión que mejore la investigación. Es de enfoque cualitativo de tópicos ya que se usa frecuentemente cuando el objetivo es evaluar una sucesión de acontecimientos (Salgado, 2007, p.73).

3.2 Categorías, sub categorías y matriz de categorización apriorística

Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Categoría	Subcategoría	Criterio 1	Criterio 2
¿Cuáles son los principales materiales lignocelulósicos más utilizados para adsorber metales pesados en aguas contaminadas?	Señalar cuáles son los materiales lignocelulósicos más utilizado para adsorber metales pesados en aguas contaminadas	Materiales Lignocelulósicos (Cortes, 2014, pág. 40)	Celulosa (Pettersen,1984). Hemicelulosa (Fengel, et al,1984) Lignina (Fengel, et al,1984)	De acuerdo a su composición de polímeros de carbohidratos	De acuerdo a su composición de polímeros aromáticos
¿Cuál es el isoterma que mejor se ajusta para la adsorción de metales pesados utilizando materiales lignocelulósicos en aguas contaminadas?	Indicar cual es el isoterma que mejor se ajusta para la adsorción de metales pesados utilizando materiales lignocelulósicos en aguas contaminadas	Isotermas de adsorción (Castellar, 2013)	Isotermas: Lineal Freundlich, Langmuir, Temkin, Gibbs y el modelo BET.	De acuerdo a una temperatura constante	De acuerdo a la superficie del sorbato
¿Qué material lignocelulósico es más eficiente según su porcentaje de remoción para adsorber metales pesados en aguas contaminadas?	Indicar que material lignocelulósico es más eficiente según su porcentaje de remoción para adsorber metales pesados en aguas contaminadas	Eficiencia del material de remoción	Material adsorbente Isoterma de adsorción	De acuerdo a los parámetros o propiedades fisicoquímicas	De acuerdo al Porcentaje (%) de remoción del metal

Tabla 1. Matriz de categorización apriorística

3.3. Escenario de estudio

Los escenarios de estudio en esta revisión sistemática fueron realizados en los diferentes campos de cultivo para la extracción de la materia prima como biomasa que será utilizada para la adsorción de metales pesados en aguas contaminadas, también fueron obtenidas desde los mercados, luego de ser extraídas fueron llevadas a un laboratorio para hacer todos los tratamientos que sean necesarios, identificando los parámetros de estudio más convenientes, la metodología a utilizar, materiales y equipos que sean más coherentes con la investigación y poder analizar la capacidad adsorbente de estos materiales lignocelulósicos en la remoción de metales pesados.

3.4. Participantes

Las fuentes de la presente revisión sistemática que se tomaron en consideración, como fuentes de recopilación de artículos científicos las podemos encontrar indizadas en las siguientes fuentes: Scielo, Redalyc.org, Scopus y Scientific reports.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se aplicó la técnica de análisis documental en donde Dulzaides, Molina (2004), mencionan que es una técnica, donde alberga un conjunto de operaciones intelectuales, que buscan describir y representar los documentos de forma unificada sistemática para facilitar su recuperación. Comprende el procesamiento analítico sintético que, a su vez, incluye la descripción bibliográfica y general de la fuente, la clasificación, indización, anotación, extracción, traducción y la confección de reseñas, con la finalidad de analizar la información para solucionar la realidad problemática. Teniendo en cuenta lo mencionado se elaboraron fichas de análisis de contenido de los diferentes artículos científicos (Anexo1).

3.6. Procedimientos

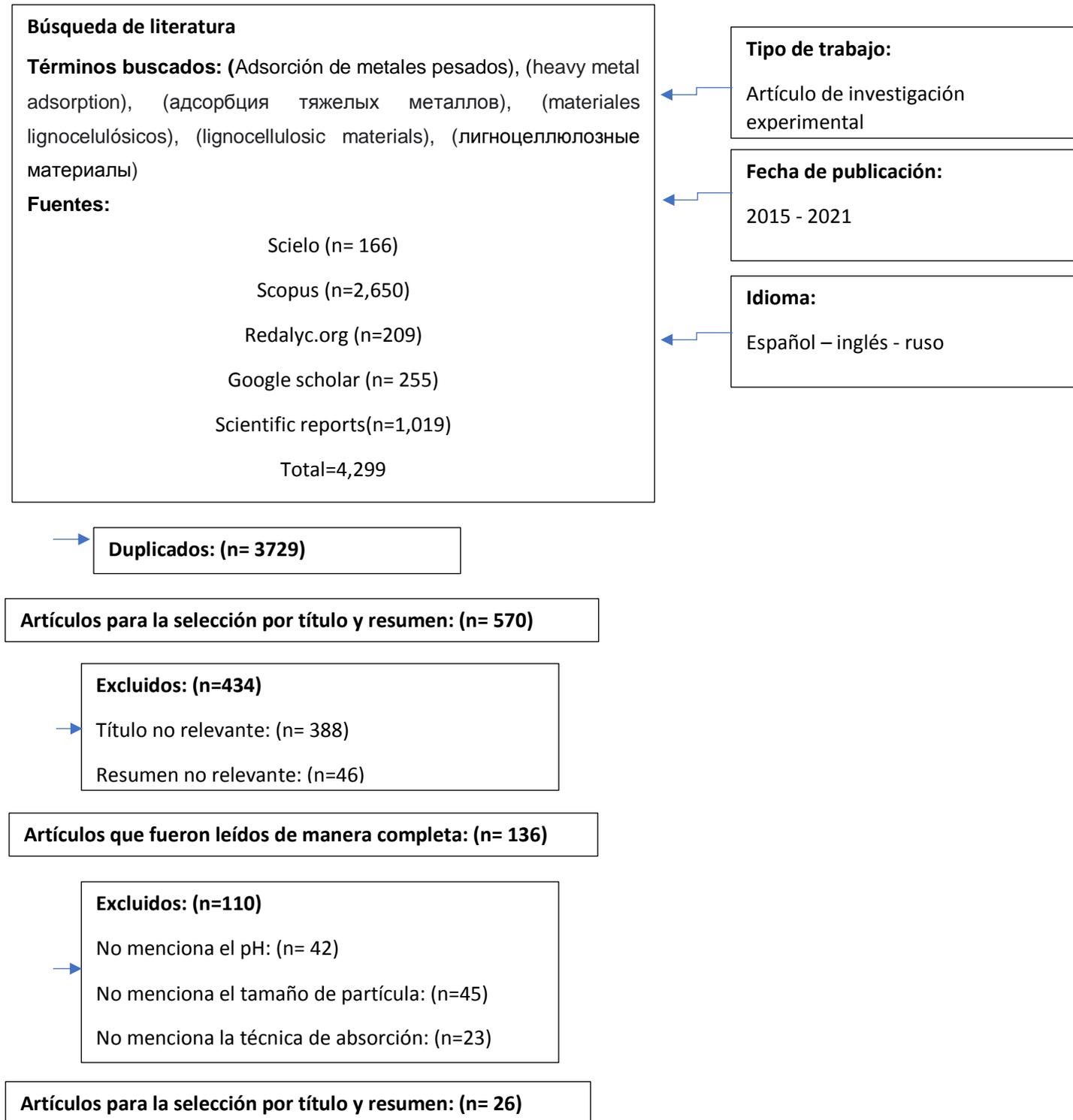


Figura 1. Flujograma de procedimientos

3.7. Rigor científico

Una investigación cualitativa se basa en el estudio científico de sus criterios, la ética y el compromiso social, teniendo en cuenta la validez y calidad de la metodología. Existen conceptos de credibilidad, transferibilidad, dependencia y confirmabilidad para determinar el rigor científico de la investigación (Arias, Giraldo, 2011, p.501-512).

La ética profesional contiene principios éticos y prácticas en esta disciplina, es parte de lo que se define como ética aplicable, para los principios aplicados en cada disciplina específica, tiene sus productos, objetivos, valores, orientados expresamente en las normas de cada profesión. (Bolívar, A. 2005) se refiere a la capacidad de orientar las normas establecidas de que los objetivos sean desarrollados con valores profesionales para la investigación. El compromiso social se ve reflejado en una investigación por el aporte que se da para el descubrimiento o estudio con el fin que sea de bien común, esta es una compromete contribuir a una sociedad mejor. (Revista semestral, 2007). La credibilidad se da generalmente por una invención real, verídica, tanto por las personas que participaron en el estudio como por las que han adiestrado el fenómeno estudiado con relación a la dependencia, generalmente consiste en indicar sobre los métodos que se van a ejecutar la confirmabilidad, se refiere a la imparcialidad en la investigación y la deducción de la información que se logra cuando otros investigadores pueden seguir en la investigación y alcanzar hallazgos similares y con lo que respecta a la transferibilidad es la oportunidad de dirigir los resultados a otros contextos o grupos en estudios que recién serán investigados (Arias, Giraldo, 2011).

Esta revisión sistemática se caracteriza por ser de rigor científico porque se hizo la recopilación de información que sea necesaria, dichos elementos son plasmados en las páginas web científicas para dar credibilidad, realizando las citas correspondiente; se hizo la descripción y el análisis de la capacidad adsorbente de los materiales lignocelulósicos para la remoción de los metales pesados en aguas contaminadas, con la finalidad que se pueda utilizar en lo posterior para hacer una investigación más

exhausta y poder comparar teorías nuevas. Para esta investigación todos los datos recolectados no fueron alterados ni modificados. Se desarrollo la transferibilidad dado que en la presente investigación se recopilación de artículos científicos son confiables y comprobados. Realizamos el criterio de dependencia dado que la información de artículos científicos, posibilito acceder a la información y encausar los datos y alcanzar resultados. Así mismo se realizó la confirmabilidad ya que la información utilizada es independiente del evaluador, y esta puede ser confirmada por otras personas.

3.8 Método de análisis de datos

Los datos fueron analizados a través de una matriz de categorización apriorística que consta de 03 categorías: Materiales lignocelulósicos, isotermas de adsorción y eficiencia del material de remoción. La categoría de materiales lignocelulósicos presenta 03 subcategorías: celulosa, hemicelulosa y lignina, para realizar el análisis de una forma eficiente se optó por 02 criterios: De acuerdo a su composición de polímeros de carbohidratos y de acuerdo a su composición de polímeros aromáticos, de tal modo, que estos criterios nos facilitaran la recopilación de información de los diferentes artículos científicos de una forma más ordenada y podamos concluir con la obtención de resultados acorde a los objetivos trazados.

De acuerdo a la segunda categoría: Isotermas de adsorción, presenta 06 subcategorías: Lineal, Freundlich, Langmuir, Temkin, Gibbs, Modelo BET, para realizar el análisis de una forma eficiente se optó por 02 criterios: De acuerdo a una temperatura constante y de acuerdo a la superficie del sorbato, de tal modo, que estos criterios nos facilitaran la recopilación de información de los diferentes artículos científicos de una forma más ordenada y podamos concluir con la obtención de resultados acorde a los objetivos trazados.

Finalmente se tiene la tercera categoría denominada: Eficiencia del material de remoción, presenta 02 subcategorías: Material adsorbente e Isotherma de adsorción, para realizar el análisis de una forma eficiente se optó por 02 criterios: De acuerdo a

los parámetros o propiedades fisicoquímicas y de acuerdo al porcentaje (%) de remoción del metal, de tal modo, que estos criterios nos facilitaran la recopilación de información de los diferentes artículos científicos de una forma más ordenada y podamos concluir con la obtención de resultados acorde a los objetivos trazados.

3.9. Aspectos éticos

Para la realización de esta revisión sistemática se utilizó la Norma internacional de Estandarización ISO 690, de tal forma que se respetaron las pautas necesarias para realizar las citas y referencias bibliográficas. El uso de la información recolectada se dio de forma adecuada respetando la credibilidad de cada información, sin modificarla o cambiarla, se respetó el derecho de autoría para cada artículo científico que se utilizó como referencia y antecedente, seguidamente se utilizó de forma adecuada la normativa vigente de la Universidad Cesar Vallejo y el empleo del Turnitin como apoyo fundamental.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las palabras claves fueron (Adsorción de metales pesados) y (materiales lignocelulósicos) ambos fueron buscados en tres idiomas diferentes entre ellos está el español, inglés y ruso. De los 4299 artículos que contienen las palabras claves, 4273 fueron excluidos porque no cumplieron con los criterios de inclusión.

De los 26 artículos que si cumplieron con los criterios de inclusión como (pH, tiempo de contacto, isoterma, porcentaje de remoción y temperatura), se tiene artículos de los continentes de Asia, América latina (América del norte y del sur) y África.



Figura 2. Mapa de artículos científicos

Tabla 2. Artículos de material lignocelulósico adsorbente del metal plomo

Especie adsorbente	pH	Tiempo de remoción	Tamaño de partícula	Temperatura	Isoterma de adsorción	Autor
Cáscara de pepino (<i>Cucumis sativus</i>)	5	60 minutos (1 hora)	0.1 g	30°C	Isoterma de Langmuir	Basu et al. (2017)
Cáscara de naranja (<i>Citrus sinensis</i>)	5	120 minutos (2 horas)	0.4mm	50 °C	No identificado	Cardona et al. (2013)
Fosa de azufaifo (<i>Ziziphus lotus</i>)	6	30 minutos (1/2 hora)	10 mm	25 °C	Isoterma de Freundlich	Gao et al. (2020)
Tallos y hojas del jacinto de agua (<i>Eichhornia crassipes</i>)	5.5	180 minutos (3 horas)	no especifica	700-800 °C	Isoterma de Langmuir	Vizcaíno et al. (2017)
Residuos de cacao (<i>Theobroma cacao</i>)	6	24 horas	0.5mm	90°C	No identificado	Lara et al. (2016)
Marlo de maíz (<i>Zea mays</i>)	5	60 minutos (1 hora)	0.07 mm	60°C	Isoterma de Langmuir	Lavado et al. (2016)
Marlo de maíz (<i>Zea mays</i>)	5	90 minutos	0.05 mm	60°C	Isoterma de Langmuir	Ore et al. (2015)
Carnauba (<i>Copernicia prunifera</i>)	5	120 minutos (2 horas)	no especifica	28 °C	Temkin y Freundlich	Félix et al. (2020)

Desechos de té (<i>Camellia sinensis</i>)	4	2 minutos	no especifica	40 °C	Isoterma de Langmuir	Hakancelebi et al. (2020)
Seudotallo de plátano	13	30 minutos (1/2 hora)	0.5mm	60°C	Modelo BET	Ramírez et al. (2015)
Cáscara de naranja (<i>Citrus sinensis</i>)	6	24 horas	0.5mm	25°C	Isoterma de Langmuir y Freundlich	Tejada et al. (2015)
Algas rojas (Rhodophyta)	4.5	180 minutos (3 horas)	no especifica	28 °C		
Cáscara de naranja (<i>Citrus sinensis</i>)	4.5	180 minutos (3 horas)	0.18mm	28 °C	No identificado	Vizcaíno et al. (2015)
Tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>)	4.5	180 minutos (3 horas)	0.25mm	28 °C		
Residuos de pomelo (<i>Citrus grandis</i>)	3	210 minutos	no especifica	50 °C	Isoterma de Langmuir	Yu et al. (2018)

Tabla 3. Artículos de material lignocelulósico adsorbentes del metal cadmio

Especie adsorbente	pH	Tiempo de remoción	Tamaño de partícula	Temperatura	Isoterma de adsorción	Autor
Residuos de cacao (<i>Theobroma cacao</i>)	6	24 horas	0.5mm	90°C	No identificado	Lara et al. (2016)
Carnauba (<i>Copernicia prunifera</i>)	5	120 minutos (2 horas)	no especifica	28 °C	Temkin y Freundlich	Felix et al. (2020)
Algas rojas (Rhodophyta)	4.5	180 minutos (3 horas)	no especifica	28 °C	No identificado	Vizcaíno et al. (2015)

Cáscara de naranja	4.5	180 minutos (3 horas)	0.18mm	28 °C		
Tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>)	4.5	180 minutos (3 horas)	0.25mm	28 °C		
Cáscara de sandía (<i>Citrullus lanatus</i>)	6	24 horas	0.00045mm	90 °C	Isoterma de Langmuir	Chen et al. (2020)
Desechos de té (<i>Camellia sinensis</i>)	3	5 minutos	no especifica	40 °C	Isoterma de Langmuir	Hakancelebi et al. (2020)
Caña de azúcar (<i>Saccharum officinarum</i>)	6	180 minutos (3 horas)	0.22mm	25 °C	Isoterma de Freundlich	Peng et al. (2020)

Tabla 4. Artículos de material lignocelulósico adsorbentes del metal cromo

Especie adsorbente	pH	Tiempo de remoción	Tamaño de partícula	Temperatura	Isoterma de adsorción	Autor
Cáscara de naranja (<i>Citrus sinensis</i>)	3	120 minutos (2 horas)	0.425mm	60 °C	Isoterma de Langmuir	Tejada et al. (2015)
Cáscara de cacao (<i>Theobroma cacao</i>)	6	240 minutos (4horas)	0.8mm	28 °C	Isoterma de Sips	Pérez et al. (2020)
Cocotero (<i>Cocos nucífera</i>)	3	60 minutos (1 hora)	0.074mm	30 °C	Isoterma de Langmuir y Freundlich	Pérez et al. (2014)

Tabla 5. Artículos de material lignocelulósico adsorbentes del metal cobre

Especie Adsorbente	pH	Tiempo de remoción	Tamaño de partícula	Temperatura	Isoterma de adsorción	Autor
Cáscara de naranja (<i>Citrus sinensis</i>)	5	60 minutos (1 hora)	0.5mm	20 °C	Isoterma de Langmuir	Guiza (2017)
Cáscara de granada (<i>Punica granatum</i>)	5.8	120 minutos (2 horas)	630mm	40° C	Isoterma de Langmuir	Ben et al. (2016)
Cáscara de nogal (<i>Junglans regia</i>)	9	240 minutos (4 horas)	no especifica	25 °C	Isoterma de Langmuir	Shaikhiev et al. (2020)
Ramas de manzano (<i>Malus domestica</i>)	5	1440 minutos	no especifica	25 °C	Isoterma de Langmuir	Zhao et al. (2020)
Cáscara de coco (<i>Cocos nucifera</i>) L.	3	250 minutos	0.2mm	30 °C	Isoterma de Langmuir	Kettum et al. (2021)
biocarbón (residuos de madera y de estiércol)	7	3 horas	0.5mm	25 °C	Isoterma de Langmuir y Freundlich	PinjingHe et al. (2017)

Tabla 6. Artículos de material lignocelulósico adsorbentes del metal zinc

Especie Adsorbente	pH	Tiempo de remoción	Tamaño de partícula	Temperatura	Isoterma de adsorción	Autor
Cáscara de nogal (<i>Junglans regia</i>)	6.53	120 minutos	1.6 mm	20 °C	Isoterma de Langmuir	Shaikhiev et al. (2020)
Algas rojas (Rhodophyta)	4.5	180 minutos (3 horas)	no especifica	28 °C	No identificado	Vizcaíno et al. (2015)

Cáscara de naranja (<i>Citrus sinensis</i>)	4.5	180 minutos (3 horas)	0.18mm	28 °C		
Tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>)	4.5	180 minutos (3 horas)	0.25mm	28 °C		
Ramas de manzano (<i>Malus domestica</i>)	5	1440 minutos	no especifica	25 °C	Isoterma de Langmuir	Zhao et al. (2020)
Desechos de té (<i>Camellia sinensis</i>)	4	10 minutos	no especifica	20 °C	Isoterma de Langmuir	Hakancelebi et al. (2020)

Tabla 7. Artículos de material lignocelulósico adsorbentes del metal níquel

Especie adsorbente	pH	Tiempo de remoción	Tamaño de partícula	Temperatura	Isoterma de adsorción	Autor
Cáscara de ñame (<i>Dioscorea alata</i>)	6	24 horas	1 mm	25°C	Isoterma de Langmuir	Tejada et al. (2016)
Bagazo de palma (<i>Arecaceae</i>)	6	24 horas	1 mm	25°C	Isoterma de Langmuir	
Cáscara de naranja (<i>Citrus sinensis</i>)	6	24 horas	0.5mm	25°C	Isoterma de Langmuir y Freundlich	Tejada et al. (2015)

Tabla 8. Artículos de material lignocelulósico adsorbentes del metal hierro

Especie adsorbente	pH	Tiempo de remoción	Tamaño de partícula	Temperatura	Isoterma de adsorción	Autor
--------------------	----	--------------------	---------------------	-------------	-----------------------	-------

Cáscara de nogal (<i>Junglans regia</i>)	7	240 minutos	2.5 mm	20 °C	Isoterma de Langmuir	Shaikhiev et al. (2020)
---	---	-------------	--------	-------	----------------------	-------------------------

Tabla 9. Artículos de material lignocelulósico adsorbentes del metal manganeso

Especie Adsorbente	pH	Tiempo de remoción	Tamaño de partícula	Temperatura	Isoterma de adsorción	Autor
Cáscara de nogal (<i>Junglans regia</i>)	7	300 minutos (5 horas)	1.6 mm	20 °C	Isoterma de Langmuir	Shaikhiev et al. (2020)
Caña de azúcar (<i>Saccharum officinarum</i>)	4.3	60 minutos (1 hora)	0.5mm	105 °C	Isoterma de Langmuir	Rodríguez et al. (2019)

En las tablas 2-9 se observan los artículos seleccionados con los cuales son los materiales lignocelulósicos utilizados para la adsorción de metales pesados en aguas contaminadas; entre los metales tenemos el plomo, cadmio, cromo, cobre, zinc, níquel, hierro y manganeso; 15 estudios del plomo, 8 de cadmio, 3 de cromo, 6 de cobre, 6 de zinc, 3 de níquel, 1 de hierro y 2 de manganeso, de los cuales se repitieron autores; Lara et al.(2016) se utilizó para Pb y Cd; Félix et al. (2020) se utilizó para Pb y Cd; Hakancelebi et al. (2020) para Pb, Cd y Zn, Tejada et al. (2015) para Pb y Ni; Vizcaíno et al. (2015) para Pb, Cd y Zn, Shaikhiev et al. (2020) para Cr, Zn, Fe, Mn; Zhao et al. (2020) para Cr y Zn; haciendo un total de 26 artículos utilizados.

Se tuvo en consideración criterios propios para hacer una inclusión o exclusión respectiva al momento de hacer una selección de los artículos, entre el criterio de exclusión se tomó en cuenta las investigaciones de los últimos 6 años a excepción de dos artículos de los años 2014 y 2013 que cumplían con el otro criterio de inclusión siendo los parámetros (pH, % de remoción, tiempo de contacto, temperatura, tamaño de partícula del adsorbente, isoterma utilizado) cada criterio fue realizado minuciosamente para sintetizar información de calidad.

Tabla 10. Cantidad de artículos de metales pesados con material lignocelulósico

Metal pesado	Cantidad de artículos	Cantidad en porcentaje
Plomo	15	34%
Cadmio	8	18%
Cromo	3	7%
Cobre	6	14%
Zinc	6	14%
Níquel	3	7%
Hierro	1	2%
Manganeso	2	4%

En la tabla 10 se detallan los diferentes artículos para cada metal, de los 8 metales que se investigó se encontraron más artículos científicos para el Pb y Cd teniendo un porcentaje de 34% y 18%, esto quiere decir que hay más variedad de material lignocelulósico encontrado para ambos metales que servirán para dar una mejor discusión con respecto a que material lignocelulósico es más utilizado, la isoterma que mejor se ajusta para la remoción de metales pesados y que material es más eficiente de acuerdo al porcentaje de remoción del metal pesado.

Tabla 11. Artículos de material lignocelulósico como adsorbente del metal plomo

Metal	Especie adsorbente	Cantidad de artículos
Pb	Cáscara de naranja (<i>Citrus sinensis</i>)	3 (20%)
Pb	Marlo de maíz (<i>Zea mays</i>)	2 (13%)
Pb	Fosa de azufaifo (<i>Ziziphus lotus</i>)	1 (6.7%)
Pb	Tallos y hojas del jacinto de agua (<i>Eichhornia crassipes</i>)	1 (6.7%)
Pb	Residuos de cacao (<i>Theobroma cacao</i>)	1 (6.7%)
Pb	Cáscara de pepino (<i>Cucumis sativus</i>)	1 (6.7%)
Pb	Carnauba (<i>Copernicia prunifera</i>)	1 (6.7%)
Pb	Desechos de té (<i>Camellia sinensis</i>)	1 (6.7%)
Pb	Seudotallo de plátano	1 (6.7%)
Pb	Algas rojas (<i>Rhodophyta</i>)	1 (6.7%)
Pb	Tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>)	1 (6.7%)
Pb	Residuos de pomelo (<i>Citrus grandis</i>)	1 (6.7%)

En la tabla 11 se muestran los resultados de los artículos de material lignocelulósico como adsorbente para el Pb, de la cual se observa que la cáscara de naranja (*Citrus sinensis*) es un biosorbente con alta capacidad de remoción de plomo, por lo tanto, podría ser potencialmente útil para descontaminar aguas contaminadas y efluentes de laboratorio que presenten metales pesados a bajo costo, dicho de paso los demás autores utilizan diferente material adsorbente entre el porcentaje están de 6% a 7%.

Tabla 12. *Artículos de material lignocelulósico como adsorbente del metal cadmio*

Metal	Especie adsorbente	Cantidad de artículos
Cd	Residuos de cacao (<i>Theobroma cacao</i>)	1 (12.5%)
Cd	Carnauba (<i>Copernicia prunifera</i>)	1 (12.5%)
Cd	Algas rojas (Rhodophyta)	1 (12.5%)
Cd	Cáscara de naranja (<i>Citrus sinensis</i>)	1 (12.5%)
Cd	Tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>)	1 (12.5%)
Cd	Cáscara de sandía (<i>Citrullus lanatus</i>)	1 (12.5%)
Cd	Desechos de té (<i>Camellia sinensis</i>)	1 (12.5%)
Cd	Caña de azúcar (<i>Saccharum officinarum</i>)	1 (12.5%)

Tabla 13. *Artículos de material lignocelulósico como adsorbente del metal cromo*

Metal	Especie adsorbente	Cantidad de artículos
Cr	Cáscara de naranja (<i>Citrus sinensis</i>)	1 (33.3%)
Cr	Cáscara de cacao (<i>Theobroma cacao</i>)	1 (33.3%)
Cr	Cocotero (<i>Cocos nucifera</i>)	1 (33.3%)

Tabla 14. *Artículos de material lignocelulósico como adsorbente del metal cobre*

Metal	Especie adsorbente	Cantidad de artículos
Cu	Cáscara de naranja (<i>Citrus sinensis</i>)	1 (16.6%)
Cu	Cáscara de granada (<i>Punica granatum</i>)	1 (16.6%)
Cu	Cáscara de nogal (<i>Junglans regia</i>)	1 (16.6%)
Cu	Ramas de manzano (<i>Malus domestica</i>)	1 (16.6%)
Cu	Cáscara de coco (<i>Cocos nucifera</i>) L.	1 (16.6%)
Cu	biocarbón (residuos de madera y de estiércol)	1 (16.6%)

Tabla 15. *Artículos de material lignocelulósico como adsorbente del metal zinc*

Metal	Especie adsorbente	Cantidad de artículos
Zn	Cáscara de nogal (<i>Junglans regia</i>)	1 (16.6%)
Zn	Algas rojas (<i>Rhodophyta</i>)	1 (16.6%)
Zn	Cáscara de naranja (<i>Citrus sinensis</i>)	1 (16.6%)
Zn	Tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>)	1 (16.6%)
Zn	Ramas de manzano (<i>Malus domestica</i>)	1 (16.6%)
Zn	Desechos de té (<i>Camellia sinensis</i>)	1 (16.6%)

Tabla 16. *Artículos de material lignocelulósico como adsorbente del metal níquel*

Metal	Especie adsorbente	Cantidad de artículos
Ni	Cáscara de ñame (<i>Dioscorea alata</i>)	1 (33.3%)
Ni	Bagazo de palma (<i>Areaceae</i>)	1 (33.3%)
Ni	Cáscara de naranja (<i>Citrus sinensis</i>)	1 (33.3%)

Tabla 17. *Artículos de material lignocelulósico como adsorbente del metal hierro*

Metal	Especie adsorbente	Cantidad de artículos
Fe	Cáscara de nogal (<i>Junglans regia</i>)	1 (100%)

Tabla 18. *Artículos de material lignocelulósico como adsorbente del metal manganeso*

Metal	Especie adsorbente	Cantidad de artículos
Mn	Cáscara de nogal (<i>Junglans regia</i>)	1 (50%)
Mn	Caña de azúcar (<i>Saccharum officinarum</i>)	1 (50%)

Desde la tabla 12 a la 18 se hace mención a los diferentes materiales lignocelulósicos como adsorbentes de Cd, Cr, Cu, Zn, Ni, Fe y Mn, indicando que se han empleado distinto material sorbente para cada metal, de dicho modo cada autor opto por el uso de diferente material de acuerdo a la realidad de la zona, productos que se pueden encontrar en mayor cantidad en cada lugar que fue realizado cada investigación, tambien consideraron el costo economico, por ello cada material adsorbente cumple una función importante para la remoción de estos metales, cabe indicar que no todos tienen el mismo porcentaje de remoción, cuya diferencia se vera arduamente.

En las tablas 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9 se observa cuál es el isoterma que mejor se ajusta para la adsorción de metales pesados utilizando materiales lignocelulósicos, entre estos tenemos los isotermas Langmuir, freundlich, Temki, y modelo BET, en las siguientes tablas lograremos reflejar el isoterma idóneo para la adsorción de cada metal.

Tabla 19. *Artículos de isoterma como adsorbente del metal plomo*

Metal	Isoterma	Cantidad
Pb	Isoterma de Langmuir	7 (46%)
Pb	Isoterma de Freundlich	3 (20%)
Pb	Isoterma de Temki	1 (7%)
Pb	Isoterma de modelo BET	1 (7%)
Pb	No especifica	3 (20%)

Tabla 20. *Artículos de isoterma como adsorbente del metal cadmio.*

Metal	Isoterma	Cantidad
Cd	Isoterma de Langmuir	2 (25%)
Cd	Isoterma de Freundlich	2 (25%)
Cd	No identificado	4 (50%)

Tabla 21. *Artículos de isoterma como adsorbente del metal cromo.*

Metal	Isoterma	Cantidad
Cr	Isoterma de Langmuir	2 (50%)
Cr	Isoterma de Freundlich	1 (25%)
Cr	Isoterma Sips	1 (25%)

Tabla 22. *Artículos de isoterma como adsorbente del metal cobre.*

Metal	Isoterma	Cantidad
Cu	Isoterma de Langmuir	6 (86%)
Cu	Isoterma de Freundlich	1 (14%)

Tabla 23. *Artículos de isoterma como adsorbente del metal zinc.*

Metal	Isoterma	Cantidad
Zn	Isoterma de Langmuir	3 (75%)
Zn	No identificado	1 (25%)

Tabla 24. *Artículos de isoterma como adsorbente del metal níquel.*

Metal	Isoterma	Cantidad
Ni	Isoterma de Langmuir	3 (75%)
Ni	Isoterma de Freundlich	1 (25%)

Tabla 25. *Artículos de isoterma como adsorbente del metal hierro.*

Metal	Isoterma	Cantidad
Fe	Isoterma de Langmuir	1 (100%)

Tabla 26. *Artículos de isoterma como adsorbente del metal manganeso.*

Metal	Isoterma	Cantidad
Mn	Isoterma de Langmuir	2 (100%)

En las tablas 19 a la 26 observamos que el isoterma que se ajusta mejor a la adsorción de metales pesados, ya que se encuentra predominante en su mayoría en los artículos estudiados, como en Pb en un 46%, en Cd en un 25%, en Cr en un 50%, en Cu en 86%, en Zn 75%, en Ni 75%, en Fe y Mn un 100% , es la isoterma de Langmuir.

A continuación, indicaremos que material lignocelulósico es más eficiente según su porcentaje de remoción para adsorber metales pesados en aguas contaminadas, correspondiente al porcentaje de remoción de cada metal pesado.

Tabla 27. Artículos de material lignocelulósico según su porcentaje de remoción adsorbente del metal plomo.

Plomo (Pb)		
Metal	Material lignocelulósico	Porcentaje de remoción
Pb	Residuos de pomelo (<i>Citrus grandis</i>)	99.90%
Pb	Cáscara de naranja (<i>Citrus sinensis</i>)	99.50%
Pb	Desechos de té (<i>Camellia sinensis</i>)	99.01%
Pb	Cáscara de naranja (<i>Citrus sinensis</i>)	99.00%
Pb	Cáscara de naranja (<i>Citrus sinensis</i>)	98.00%
Pb	Tallos y hojas del jacinto de agua (<i>Eichhornia crassipes</i>)	98.00%
Pb	Algas rojas (<i>Rhodophyta</i>)	97.30%
Pb	Marlo de maiz (<i>Zea mays</i>)	97.00%
Pb	Cáscara de pepino (<i>Cucumis sativus</i>)	96.00%
Pb	Carnauba (<i>Copernicia prunifera</i>)	96.00%
Pb	Tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>)	95.90%
Pb	Residuos de cacao (<i>Theobroma cacao</i>)	91.32%
Pb	Fosa de asufaifo (<i>Ziziphus lotus</i>)	70.00%
Pb	Pseudotallo de plátano (<i>Pseudotallo - Musa x paradisiaca</i>)	55.00%
Pb	Marlo de maíz (<i>Zea mays</i>)	40.00%

En la tabla 27 se observan los resultados de 15 investigaciones distintas con respecto al material lignocelulósico según su porcentaje de remoción adsorbente del Pb, 12 investigaciones tienen un porcentaje de remoción mayor al 90%, los demás desde el 40 a 70%, en la cual el material con mayor remoción del plomo es el residuo de pomelo (*Citrus grandis*) con un porcentaje del 99.9%, esto se da debido a que tuvo un pH más ácido igual a 3, mayor tiempo de contacto equivalente a 210 minutos y a una temperatura promedio de 50°C.

Tabla 28. Artículos de material lignocelulósico según su porcentaje de remoción adsorbente del metal cadmio.

Cadmio (Cd)		
Metal	Material lignocelulósico	Porcentaje de remoción
Cd	Tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>)	99.70%
Cd	Cáscara de naranja (<i>Citrus sinensis</i>)	99.60%
Cd	Algas rojas (<i>Rhodophyta</i>)	99.40%
Cd	Caña de azúcar (<i>Saccharum officinarum</i>)	99.00%
Cd	Cáscara de sandía (<i>Citrullus lanatus</i>)	97.00%
Cd	Carnauba (<i>Copernicia prunifera</i>)	96.00%
Cd	Residuos de cacao (<i>Theobroma cacao</i>)	87.80%
Cd	Desechos de té (<i>Camellia sinensis</i>)	84.23%

En la tabla 28 se observan los resultados de los materiales lignocelulósicos según el porcentaje de remoción adsorbente del Cd, 6 investigaciones tienen una remoción mayor al 99% y las otras dos mayor al 80%. Se concluye diciendo que el material adsorbente con mayor remoción del Cd es la tuna (*Opuntia ficus-indica*) con un porcentaje de 99.7% con un pH de 4.5 relativamente ácido, a un tiempo de contacto de 180 minutos y a una temperatura de 28°C, se pudo observar que a mayor tiempo de contacto mayor será el porcentaje de remoción.

Tabla 29. *Artículos de material lignocelulósico según su porcentaje de remoción adsorbente del metal cromo.*

Cromo (Cr)		
Metal	Material lignocelulósico	Porcentaje de remoción
Cr	Cocotero (<i>Cocos nucífera</i>)	94.00%
Cr	Cáscara de naranja (<i>Citrus sinensis</i>)	66.60%
Cr	Cáscara de cacao (<i>Theobroma cacao</i>)	24.00%

En la tabla 29 se puede observar en los resultados de los 3 artículos estudiados de materiales lignocelulosicos según el porcentaje de remocion adsorbente de Cr, que se obtuvo un porcentaje mayor al 90% y las otras con un 66.60% y 24% respectivamente. Teniendo como conclusion que el material lignocelulosico de mayor adsorción es cocotero (*cocos nucifera*) con un porcentaje de 94%, teniendo en cuenta que tiene un pH de 3, con un tiempo de contacto de 60 minutos y una temperatura de 30°C, se pudo observar que se uso isoterma de langmuir y freunclich, y una temperatura intermedia de las otras estudiadas.

Tabla 30. *Artículos de material lignocelulósico según su porcentaje de remoción adsorbente del metal cobre.*

Cobre (Cu)		
Metal	Material lignocelulósico	Porcentaje de remoción
Cu	Ramas de manzano (<i>Malus domestica</i>)	96.30%
Cu	Cáscara de coco (<i>Cocos nucífera</i>) L.	95.00%
Cu	Cáscara de granada (<i>Punica granatum</i>)	85.00%
Cu	Cáscara de naranja (<i>Citrus sinensis</i>)	74.50%
Cu	Biocarbón (residuos de madera y de estiércol)	50.00%
Cu	Cáscara de nogal (<i>Junglans regia</i>)	40.00%

En la tabla 30 se logra observar los resultados de de 6 artículos estudiados de materiales lignocelulosicos teniendo en cuenta el porcentaje de remocion de Cu, teniendo a las ramas de manzano (*malus domestica*) con un mayor porcentaje de

96.30% y los demas articulos con un porcentaje intervalo al 95% y 40%, en las ramas de manzano (*malus domestica*) logramos observar que tiene un pH de 5, siendo acido, con un tiempo de remoción de 240 minutos, temperatura de 25°C, y utilizando la isoterma de Langmuir.

Tabla 31. *Artículos de material lignocelulósico según su porcentaje de remoción adsorbente del metal zinc.*

Zinc (Zn)		
Metal	Material lignocelulósico	Porcentaje de remoción
Zn	Cáscara de nogal (<i>Junglans regia</i>)	97.38%
Zn	Ramas de manzano (<i>Malus domestica</i>)	91.74%
Zn	Tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>)	83.70%
Zn	Desechos de té (<i>Camellia sinensis</i>)	83.45%
Zn	Cáscara de naranja (<i>Citrus sinensis</i>)	81.20%
Zn	Algas rojas (Rhodophyta) (<i>Rhodophyta</i>)	71.90%

En la tabla 31, logramos observar a los 6 articulos de material lignocelulosicos estudiados para la adsorción de metal zinc. Teniendo a la cáscara de nogal (*junglans regia*) con un 97.38%, y los otros 5 articulos entre 70% a 92%, según el mayor porcentaje de remoción se observo que tiene un pH de 6.53, siendo acido, tiempo de remocion de 120 minutos, temperatura de 20°C, y se utilizo la isoterma de Langmuir.

Tabla 32. *Artículos de material lignocelulósico según su porcentaje de remoción adsorbente del metal níquel.*

Níquel (Ni)		
Metal	Material lignocelulósico	Porcentaje de remoción
Ni	Cáscara de naranja (<i>Citrus sinensis</i>)	85.00%
Ni	Bagazo de palma (<i>Arecaceae</i>)	81.00%
Ni	Cáscara de ñame (<i>Dioscorea alata</i>)	77.00%

En la tabla 32 podemos observar a los articulos de materiales lignocelulosicos usados para la adsorción de metal níquel, donde observamos a la cáscara de naranja (*citrus*

sinensis) con un 85%, a bagazo de palma (aracaceae) con 81% y a la cáscara de ñame (dioscorea alata) con un 77%, concluyendo que el material lignocelulosico con mayor porcentaje es la cáscara de naranja con un 85%, ya que tiene un pH de 6, siendo ácido, tiempo de remoción de 24 horas, temperatura de 25°C, utilizando el isoterma de langmuir y freundlich.

Tabla 33. *Artículos de material lignocelulósico según su porcentaje de remoción adsorbente del metal hierro.*

Hierro (Fe)		
Metal	Material lignocelulósico	Porcentaje de remoción
Fe	Cáscara de nogal (<i>Junglans regia</i>)	92.70%

En la tabla 33 observamos el material lignocelulosico para la adsorción de hierro utilizado es la cáscara de nogal (*Junclans regia*) con un porcentaje de 92.70%, dado que tiene un pH de 7 el cual es neutro, un tiempo de remoción de 240 minutos y una temperatura de 20°C utilizando la isoterma de Langmuir.

Tabla 34. *Artículos de material lignocelulósico según su porcentaje de remoción adsorbente del metal manganeso*

Manganeso (Mn)		
Metal	Material lignocelulósico	Porcentaje de remoción
Mn	Cáscara de nogal (<i>Junglans regia</i>)	89.70%
Mn	Caña de azúcar (<i>Saccharum officinarum</i>)	62.50%

En la tabla 34, en los 2 artículos estudiados de materiales lignocelulósicos según el porcentaje de remoción adsorbente del manganeso, observamos que hay un porcentaje de remoción de 89.70% y 62.50%, considerando que el material lignocelulósico de cáscara de nogal (*Junclans regia*) tiene un mayor porcentaje de remoción dado que tiene un pH de 7 siendo neutro, con un tiempo de remoción de 300 minutos, con una temperatura de 20°C utilizando la isoterma de Langmuir

V. CONCLUSIONES

De acuerdo a las investigaciones que se ha revisado detalladamente, podemos concluir diciendo que hay un distinto uso de cada material lignocelulósico para la adsorción de metales pesados en aguas contaminadas. Por ende, se puede decir que el material lignocelulósico con mayor incidencia para la eliminación del Pb (II) es la cáscara de naranja (*Citrus sinensis*) con el 20% de los artículos estudiados. Con lo que corresponde a los demás metales como son el Cd, Cr, Cu, Zn, Ni, Fe y Mn, para cada metal se utilizó distinto material lignocelulósico como adsorbente de metales, dicho de tal modo que todos tienen el mismo porcentaje de uso, con la diferencia que no todos tienen el mismo porcentaje de remoción, hallando algunos materiales adsorbentes mas relevantes que otros. Concluyendo que cada autor opto por el uso de diferente material de acuerdo a la realidad de la zona, productos que se pueden encontrar en mayor cantidad en cada lugar que fue realizado cada investigación, también consideraron el costo económico, por ello cada material adsorbente cumple una función importante para la remoción de estos metales, cabe indicar que no todos tienen el mismo porcentaje de remoción, cuya diferencia se verá arduamente.

El uso de la isoterma para la adsorción de materiales con una temperatura constante por un determinado tiempo, aplicado para procesos experimentales. Por tanto, se realizó el empleo del mismo para el estudio de isotermas utilizados de materiales lignocelulósicos para la adsorción de metales pesados, obteniendo que comparación con los artículos observados en la presente investigación la isoterma de Langmuir es la más utilizada en los últimos años.

Según el desarrollo de cada material lignocelulósico para la remoción de metales pesados en aguas contaminadas, se puede determinar por el porcentaje de remoción del metal que material tiene una mayor eficiencia, en conclusión tenemos que los residuos de pomelo (*citrus grandis*) tiene un 99.90% de efectividad de remoción en plomo; la tuna (*opuntia ficus-indica*) tiene un 99.70% de efectividad de remoción en cadmio; cocotero (*cocos nucífera*) tiene un 94.00% de efectividad de remoción en cromo; las ramas de manzano (*malus domestica*) tiene un 96.30% de efectividad de

remoción en cobre; la cáscara de nogal (*Junglans regia*) tiene un 97.38% de efectividad de remoción en zinc; la cáscara de ñame (*dioscorea alata*) tiene un 85.00% de efectividad de remoción en níquel, la cáscara de nogal (*Junglans regia*) un 92.70% de efectividad de remoción en hierro y cáscara de nogal (*Junglans regia*) un 89.70% de efectividad de remoción de manganeso.

VI. RECOMENDACIONES

Es necesario el desarrollo experimental de más materiales lignocelulósicos como los mencionados en esta investigación, para la adsorción de metales pesados en aguas contaminadas, dado que tienen un bajo costo y la utilización de materiales orgánicos.

Se recomienda realizar más estudios como para evaluar y estimar el cuidado de los recursos naturales y una cultura ambiental que puedan acompañar y enfatizar mejor el tema desarrollado, con la finalidad que se tenga información valiosa para proyectos futuros.

Es necesario poder enfatizar los materiales lignocelulósicos que han tenido más porcentaje de remoción en cada metal y poder realizar nuevas investigaciones para mejorar la eficiencia, también se recomienda que, con respecto al Mn, Zn, Fe, Ni y Cu se pueda mejorar y aumentar más investigaciones porque claramente se observa deficiencia de investigaciones.

REFERENCIAS

ARIAS VALENCIA, María Mercedes y GIRALDO MORA, Clara Victoria. El rigor científico en la investigación cualitativa. *Invertir. educ. enferm* [en línea]. 2011, vol.29, n.3, pp.500-514. Disponible en:

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-53072011000300020 ISSN 0120-5307.

BASU, Mousumi, GUHA, Arun K y RAY, Lalitagauri. Lead adsorption on cucumber peel. *Journal of Cleaner Production*, 2017. 151, 603–615.

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.03.028>

BEN-Ali, [et al] Characterization and adsorption capacity of raw pomegranate peel biosorbent for copper removal. *Journal of Cleaner Production*, (2017). 142, 3809–3821. doi: 10.1016 / j.jclepro.2016.10.081

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.10.081>

BOLIVAR, Antonio. El lugar de la ética profesional en la formación universitaria, 2005.

<http://www.scielo.org.mx/pdf/rmie/v10n24/1405-6666-rmie-10-24-93>.

BOYD. Claude E., water quality an introduction, third edition pag. 1.

https://doi.org/10.1007/97E8-3-030-23335-8_1

BURCIAGA-MONTEMAYOR, Nidia G. et al. Compósitos en estado hidrogel con aplicación en la adsorción de metales pesados presentes en aguas residuales. *TIP* [online]. 2020, vol.23, e20200211. Disponible en:

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-888X2020000100202

Epub 20-Jun-2020. ISSN 1405-888X.

<https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2020.0.211>.

CALERO, M.; Hernáinz, F.; Hernáinz, F.; Ronda, A.; Martín-Lara, M. "Biosorción de cobre con corteza de pino en columna de lecho de fijo: optimización de las variables del proceso". *Afinidad*, [online], 2012, Vol. 69, Num. 559.

<https://raco.cat/index.php/afinidad/article/view/268451> [View: 17-07-2021].

CARDONA GUTIÉRREZ, Anahí Fernanda, CABAÑAS VARGAS, Dulce Diana y ZEPEDA PEDREGUERA, Alejandro. Evaluación del poder biosorbente de cáscara de naranja para la eliminación de metales pesados, Pb (II) y Zn (II). *Ingeniería* [En línea]. 2013, 17 (1), 1-9 [fecha de Consulta 16 de Julio de 2021]. ISSN: 1665-529X. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46729718001>

CARVAJAL FLOREZ, E., & Marulanda, L. F. (2020). Uso de residuos de café como biosorbente para la remoción de metales pesados en aguas residuales. *Ingenierías USBMed*, 11(1), 44–55. <https://doi.org/10.21500/20275846.4477>

CASTELLAR ORTEGA, Gray C., Cardozo Arrieta, Beatriz M., Suarez Guerrero, Jhon F., Vega Taboada, Javier E. Adsorción por lote y en una columna de lecho fijo del colorante B39 sobre carbón activado granular. *PROSPECTIVA* [En línea]. 2013, 11 (1), 66-75. ISSN: 1692-8261. Disponible en:

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=496250735008>

CHEN, X., Zhang, Q. y Achal, V. (2020). Xīguā pí shēngwù tàn duì jīnshǔ de xīfù jí qī zài shuǐróngyè zhōng de jīlǐ [J]. *Huánjìng kēxué yǔ gōngchéng zázhi*, 1-6.

<http://doi:10.1680/jenes.19.00026>

CORTES William Giovanni. Tratamientos aplicables a materiales lignocelulósicos para la obtención de etanol y productos químicos. [En línea]. 2014. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6041572>

DUEÑAS MORENO, Jaime; RAMIREZ CARO, Mariné; MENENDEZ GUTIERREZ, Carlos y PÉREZ OLMO, Jesús. Efecto inhibitorio provocado por metales pesados a los microorganismos de un lodo activado. *riha* [online]. 2021, vol.42, n.1, pp.3-13. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382021000100003 Epub 01-Mar-2021. ISSN 1680-0338.

DULZAIDES IGLESIAS, María Elinor y MOLINA GOMEZ, Ana María. Análisis documental y de información: dos componentes de un mismo proceso. ACIMED [online]. 2004, vol.12, n.2, pp.1-1. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1024-94352004000200011

ISSN 1024-9435.

ECHEVERRY, Ghislane et al. Valoración del riesgo en salud en un grupo de población de Cali, Colombia, por exposición a plomo, cadmio, mercurio, ácido 2,4-diclorofenoxiacético y diuron, asociada al consumo de agua potable y alimentos. *Biomédica* [online]. 2015, vol.35, n.spe, pp.110-119. Available from: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-41572015000500012 ISSN 0120-4157. <https://doi.org/10.7705/biomedica.v35i0.2464>

FEIZI, M. y Jalali, M. (2015). Removal of heavy metals from aqueous solutions using sunflower, potato, canola and walnut husk residues. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 54, 125-136. doi: 10.1016 / j.jtice.2015.03.027 <https://doi.org/10.1016/j.jtice.2015.03.027>

FENGEL, D., Weneger, G., 1984. *Wood: Chemistry.Ultrastructure. Reactions.* De Gruyter, Berlin.

FERNÁNDEZ CIRELLI, Alicia. El agua: un recurso esencial. *Química Viva* [En línea]. 2012, 11 (3), 147-170 ISSN: Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86325090002>

GAO, Junkai., Liu, Yu., Li, Xuebin. Y Wang, Jinbao. Yīzhǒng cóng zǎo kēng zhōng tíqǔ de yǒu qiántú qiě yǒulì kě tú de shēngwù tàn xīfù jì, yòng yú cóng shuǐróngyè zhōng qùchú Pb (II). *Kēxué bàogào* 10, 7473 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-64191-1>

GIL, Horacio Alfredo, et al. Tecnologías verdes para el aprovechamiento de aguas residuales urbanas: análisis económico. *Revista Ambiente & Agua*, vol. 8, (3), p. 118-128, mayo 2017. ISSN: 1980_993X.

GUIZA, S. (2017). Biosorción de metales pesados a partir de una solución acuosa utilizando residuos de cáscara de naranja celulósica. *Ingeniería ecológica*, 99, 134-140. doi: 10.1016 / j.ecoleng.2016.11.043

<https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.11.043>

GUTIERREZ VILLALPANDO, Verónica et al. Gobernanza en la gestión integral de recursos hídricos en las subcuencas Río Sabinal y Cañón Del Sumidero en Chiapas, México. *agricultor. soc. desarrollo* [online]. 2019, vol.16, n.2, pp.159-181. Disponible en:http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S187054722019000200159 Epub 25-Feb-2020. ISSN 1870-5472. <https://doi.org/10.22231/asyd.v16i2.1005>

HIDALGO, Natalia et al. Biosorción de plomo por biomasa de origen fúngico aislada a partir de desechos mineros de la Mina Hualilan, Argentina. *Ser. correlación. geol.* [online]. 2020, vol.36, n.1-2, pp.39-52. Disponible en: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1666-94792020000100039 ISSN 1666-9479.

HAKANCELEBI, H., Gök, G. & Gök, O. Adsorption capability of brewed tea waste in waters containing toxic lead (II), cadmium (II), nickel (II), and zinc (II) heavy metal ions. *Sci Rep* **10**, 17570 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-74553-4>

KETTUM, W., Samart, C., Chanlek, N. y col. Enhanced adsorption composite foams for copper (II) removal using carbon functionalized with bio-renewable polyisoprene derived from coconut shell waste. *Rep* **11**, 1459 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-80789-x>

LARA José, Tejada Candelaria, Villabona Ángel, Arrieta Alfonso & Granados clemente. (2016). Adsorption of lead and cadmium in continuous of fixed bed on cocoa waste. *Revista ION*. <https://doi.org/10.18273/revion.v29n2-2016009> . ISSN: 0120-100X.

LAVADO, Carmencita y ORÉ, Franklin. Estudio de la biosorción de plomo divalente

de soluciones acuosas usando biomasa modificada de marlo de maíz (*Zea mays*).

[En línea]. Perú: 2016. Disponible en:

<http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v82n4/a03v82n4.pdf>

LI, P., Wu, J. Drinking water quality and public health. *Expo Health* 11, 73–79 (2019). <https://doi.org/10.1007/s12403-019-00299-8>

LIU, C., Ngo, HH, Guo, W. y Tung, K.-L. (2012). Zhìbèi xiāngjiāo pí, gānzhè zhā hé xīguā pí yǐ qùchú shuǐzhōng tóng de zuì jiā tiáojiàn. *Shēngwù yuán jìshù* , 119, 349–354. doi: 10.1016 / j.biortech.2012.06.004

<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2012.06.004>

LOAYSA Edward Faustino. La investigación cualitativa en ciencias humanas y educación. Criterios para elaborar artículos científicos. Universidad Nacional Agraria La Molina. [online]. 2020. Disponible en:

<https://revistas.usat.edu.pe/index.php/educare/article/view/536/1076>

LOSADA José. Investigación aplicada: Definición, Propiedad Intelectual e Industria. Centro de investigación en mecatrónica y sistemas interactivos. [En línea]. Ecuador: 2014. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6163749>

LONDONO-FRANCO, LUIS FERNANDO; LONDONO-MUNOZ, PAULA TATIANA and MUNOZ-GARCIA, FABIÁN GERARDO. LOS RIESGOS DE LOS METALES PESADOS EN LA SALUD HUMANA Y ANIMAL. *Rev.Bio.Agro* [online]. 2016, vol.14, n.2, pp.145-153. Available from:

[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612016000200017)

[35612016000200017](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612016000200017) ISSN 1692-3561. [https://doi.org/10.18684/BSAA\(14\)145-153](https://doi.org/10.18684/BSAA(14)145-153).

MARCOVECCHIO, Jorge E., BOTTE, Sandra E., DOMINI, Claudia E. and FREIJE, Ruben H. Heavy metals, major metals, trace elements.

https://www.researchgate.net/profile/SandraBotte/publication/284026619_Heavy_metals_major_metals_trace_elements/links/592d71200f7e9beee727d40b/Heavy-metals-major-metals-trace-elements.pdf

MARTINEZ-AUSTRIA, Polioptro F. Los retos de la seguridad hídrica. *Tecnol. cienc. agua* [online]. 2013, vol.4, n.5, pp.165-180. Disponible en:

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S200724222013000500011 ISSN 2007-2422.

MARTINEZ VALDES, Yaset y VILLALEJO GARCÍA, Víctor Michel. La gestión integrada de los recursos hídricos: una necesidad de estos tiempos. *riha* [online]. 2018, vol.39, n.1, pp.58-72. Disponible en:

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382018000100005
ISSN 1680-0338

Ministerio del ambiente, 2015. Modifican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua y establecen disposiciones complementarias para su aplicación. Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM. <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2015/12/Decreto-Supremo-N%C2%B0-015-2015-MINAM.pdf>

NAVA-Ruiz C, Méndez-Armenta M. Efectos neurotóxicos de metales pesados (cadmio, plomo, arsénico y talio). *Arch Neurociencias*. 2011;16(3):140-147.

OLIVEIRA, MRF, do Vale Abreu, K., Romão, ALE et al_Biomassa da carnaúba (*Copernicia prunifera*) como adsorvente de Pb (II) e Cd (II) do meio aquático. *Environ Sci Pollut Res* 28, 18941–18952 (2021). <https://doi.org/10.1007/s11356-020-07635-5>

ORE JIMENEZ, Franklin; LAVADO MEZA, Carmencita y BENDEZU MONTES, Salvador. Biosorción de Pb (II) de aguas residuales de mina usando el marlo de maíz (*Zea mays*). *Rev. Soc. Quím. Perú* [online]. 2015, vol.81, n.2, pp.122-134. Disponible en:

http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2015000200005. ISSN 1810-634X

Organización de las Naciones Unidas. El agua, fuente de vida, 2005. Disponible en: <https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/>

PABON, S. E.; BENITEZ, R.; SARRIA, R. A. and GALLO, J. A.. Contaminación del agua por metales pesados, métodos de análisis y tecnologías de remoción. Una revisión. Entre Ciencia e Ingeniería [online]. 2020, vol.14, n.27 <https://doi.org/10.31908/19098367.0001>.

PACHECO TANAKA, Myriam Eugenia, Pimentel Frisancho, Jorge Paúl, Roque Villanueva, Wilfredo Fernando CINÉTICA DE LA BIOADSORCIÓN DE IONES CADMIO (II) Y PLOMO (II) DE SOLUCIONES ACUOSAS POR BIOMASA RESIDUAL DE CAFÉ (*Coffea arabica L.*). Revista de la Sociedad Química del Perú [en línea]. 2010, 76 (3), 279-292. ISSN: 1810-634X. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=371937618009>

PÉREZ SILVA, Rosa María, Calzado Lamela, Orlindes, Cascaret Carmenaty, Dannis Adrián, Tur Naranja, Enieyis Adsorción de Cr (VI) por Cocos nucífera L. en residuales de Fibrocemento en Santiago de Cuba. Revista Colombiana de Biotecnología [en línea]. 2014, XVI (1), 9-18. ISSN: 0123-3475. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=77631180001>

PETTERSEN, R.C., 1984. The chemical composition of wood (chapter 2). In: Rowell, R.M., (Ed), The chemistry of solid wood, Advances in Chemistry Series, vol. 207. Sociedad Química Americana, Washintong, DC, p.984.

PERNIA, Beatriz et al. Determinación de cadmio y plomo en agua, sedimento y organismos bioindicadores en el Estero Salado, Ecuador. Enfoque UTE [online]. 2018, vol.9, n.2, pp.89-105. Disponible en:

http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-65422018000200089 ISSN 1390-6542. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v9n2.246>

PRIETO GARCIA, Julio Omar; PEREZ LEYVA, Ariel; CURBELO SANCHEZ, Alfredo E. y ENRIQUEZ GARCIA, Mixary. ESTUDIO CINÉTICO DE LA ADSORCIÓN DE IONES NÍQUEL (II) EN SERRÍN DE CEDRO (CEDRELA ODORATA). cen. az. [online]. 2020, vol.47, n.4, pp.57-68. Disponible en:

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-48612020000400057

Publicado: 01-Oct-2020. ISSN 0253-5777.

PENG, X., Wu, Z. & Li, Z. Yī zhǒng yuán zì gānzhè zhā mùzhí sù de wǎn zhuàng shēngwù xīfù jì, yòng yú xīfù gé lízǐ. Xiānwéi sù 27, 8757-8768 (2020)

<https://doi.org/10.1007/s10570-020-03376-3>

PINJINGHE, P., Yu, Q., Zhang, H. et al. Róngjiě yǒujīwù jiè dǎo de shēngwù tàn xiāochú tóng (II). Sci Rep. 7, 7091 (2017). <https://doi.org/10.1038/s41598-017-07507-y>

PÉREZ ANTOLINEZ, L. L., Paz Astudillo, I. C., Sandoval Aldana, A. P., & Peñaloza Atuesta, G. C. (2020). Uso de cáscara de cacao (*Theobroma cacao*) para la remoción de cromo en solución acuosa. *Revista EIA*, 17(34), 1–13.

[HTTPS://DOI.ORG/10.24050/REIA.V17I34.1393](https://doi.org/10.24050/REIA.V17I34.1393)

QUIÑONES Edgar, Tejada Candelaria, Arcia Cesar & Ruiz Víctor. (2013). Remoción de plomo y níquel en soluciones acuosas usando biomasa lignocelulósicas: una revisión. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 16(2), 479 – 489.

<https://doi.org/10.31910/rudca.v16.n2.2013.922>

RAMÍREZ Franco, José Herney, Enríquez Enríquez, Maryeni Karina. Remoción de plomo (II) usando lignina obtenida a partir del procesamiento del pseudotallo de plátano. *Acta Agronómica* [en línea]. 2015, 64 (3), 209-213. ISSN: 0120-2812. Disponible en:

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169940048002>

RENTERÍA VILLALOBOS, Marusia, Ramírez Marfil, Leonela, Aguilar Palma, Nelson, Rubio Arias, Héctor, Pinedo Álvarez, Carmelo, Sánchez Verín, Cristina Vélez Remoción de plomo en solución acuosa por la cáscara de naranja (*Citrus sinensis*). Investigación y Ciencia [en línea]. 2014, 22 (62), 5-10. ISSN: 1665-4412. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=67432507001>

RETAMAL, M., Andreoli, A., Arumi, J., Rojas, J., y Parra, O. 2013. Gobernanza del agua y cambio climático: fortalezas y debilidades del actual sistema de gestión del agua en Chile. Análisis interno. Interciencia, 38 (1), 8-16.

Revista semestral, paradigma 2007, la investigación como compromiso social. <http://revistas.upel.edu.ve/index.php/paradigma/article/viewFile/1707/718>

REYES NAVARRETE, M. G., Alvarado de la Peña, A. I., Antuna, D. M., García Vargas, A., González Valdez, L. S., & Vázquez Alarcón, E. del C. (2012). Metales Pesados: Importancia Y Análisis. Repositorio Digital IPN, 1–3. Retrieved from <https://www.google.com.pe/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja>

RODRIGUEZ HEREDIA, Dunia. Intoxicación ocupacional por metales pesados. MEDISAN [online]. 2017, vol.21, n.12 [citado 2021-08-04], pp.3372-3385. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1029-30192017001200012

ISSN 1029-3019.

RODRÍGUEZ MATOS, Josefina, Cascaret Carmenaty, Dannis Adrian, Ricardo Lobaina, Carlos Alfredo, Pérez Silva, Rosa María, La Rosa Isacc, Katherine. Evaluación de la capacidad de adsorción de MN₂ + por biomasa residual de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*). Revista Cubana de Química [en línea]. 2019, 31 (2), 0-0 ISSN: 0258-5995. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=443559859005>

SALGADO LEVANO, Ana Cecilia. Investigación cualitativa: diseños, evaluación del rigor metodológico y retos. liber. [online]. 2007, vol.13, n.13 [citado 2021-07-30], pp.71-78. Disponible en:

http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S172948272007000100009 ISSN 1729-4827.

SHAIKHIEV, IG., Kraysman, NV, Sverguzova, SV (2021) [использование скорлупы грецкого ореха (*Juglans regia*) в качестве сорбционных материалов для удачию овонрнронрнр. <https://doi.org/10.14258/JCPRM.2020025622>

SEGURA-MUÑOZ, Susana I et al. Metales pesados en agua de bebederos de presión. ALAN [online]. 2003, vol.53, n.1, pp. 59-64. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222003000100009 ISSN 0004-0622.

SOTO-BENAVENTE, Margarita et al. Riesgos para la salud por metales pesados en productos agrícolas cultivados en áreas abandonadas por la minería aurífera en la Amazonía peruana. Scientia Agropecuaria [online]. 2020, vol.11, n.1, pp.49-59. ISSN 2077-9917. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.01.06>.

TEJADA TOVAR, Candelaria; QUINONES BOLANOS, Edgar; TEJEDA BENITEZ, Lesly and MARIMON BOLIVAR, Wilfredo. Adsorción de Cromo Hexavalente en soluciones acuosas por cáscaras de naranja (*Citrus sinensis*). *Rev. P+L* [online]. 2015, vol.10, n.1 [cited 2021-08-26], pp.9-21. Available from: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-04552015000100002 ISSN 1909-0455.

TEJADA TOVAR, Candelaria, Villabona Ortiz, Angel, Ruiz Paternina, Erika. ADSORCIÓN DE Ni (ii) POR CÁSCARAS DE ÑAME (*Dioscorea rotundata*) Y BAGAZO DE PALMA (*Elaeis guineensis*) PRETRATADAS. *Revista Luna Azul* [en línea]. 2016, (42), 30-43 [fecha de Consulta 20 de agosto de 2021]. ISSN: Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=321744162004>

TEJADA, Candelaria, Herrera, Adriana P., Núñez, Juan R. Adsorción competitiva de Ni (II) y Pb (II) sobre materiales residuales lignocelulósicos. *Investigaciones Andina* [en

linea]. 2015, 17 (31), 1355-1367 [fecha de Consulta 20 de agosto de 2021]. ISSN: 0124-8146. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=239040814007>

TORRES, G. (2007). Estudio preliminar de la fitorremediación de cobre divalente mediante *Pistia stratiotes* (lechuga de agua). *Revista Latinoamericana De Recursos Naturales*, 3(1), 13-20. Recuperado a partir de: <http://revista.itson.edu.mx/index.php/rlrn/article/view/84>

TORRES JARAMILLO, Diana; MORALES VELEZ, Sonia Patricia y QUINTERO DÍAZ, Juan Carlos. Evaluación de pretratamientos químicos sobre materiales lignocelulósicos. *Ingeniare. Rev. chil. ing.* [online]. 2017, vol.25, n.4, pp.733-743. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-33052017000400733 ISSN 0718-3305. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052017000400733>

VARGAS-PINEDA, Oscar I.; TRUJILLO-GONZALEZ, Juan M. y TORRES-MORA, Marco A . Water footprint: An effective tool for the challenge of water sustainability. *En g. compet.* [en línea]. 2020, vol.22, n.1 [citado 2021-08-10], 8429. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S012330332020000100007 ISSN 0123-3033. <https://doi.org/10.25100/iyv.v22i1.8429>.

VARGAS CORDERO, Zoila Rosa LA INVESTIGACIÓN APLICADA: UNA FORMA DE CONOCER LAS REALIDADES CON EVIDENCIA CIENTÍFICA. *Revista Educación* [en línea]. 2009, 33 (1), 155-165 [fecha de Consulta 29 de Julio de 2021]. ISSN: 0379-7082. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44015082010>

VIZCAINO MENDOZA, Lissette & Molina, Natalia. (2015). Biosorción de Cd, Pb y Zn por biomasa pretratada de Algas rojas (*Rhodophyta*), cáscara de naranja y tuna. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*. 25. 43. <https://doi.org/10.18359/rcin.432>.

VIZCAÍNO MENDOZA, L., Fuentes Molina, N., & González Fragozo, H. (2017). Adsorción de plomo (II) en solución acuosa con tallos y hojas de *Eichhornia crassipes*.

Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica, 20(2), 435-444.
<https://doi.org/10.31910/rudca.v20.n2.2017.400>

VILLENNA CHAVEZ, Jorge Alberto. Calidad del agua y desarrollo sostenible. *Rev. Perú. med. exp. salud pública* [online]. 2018, vol.35, n.2 [citado 2021-06-18], pp.304-308. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-46342018000200019 ISSN 1726-4634

<http://dx.doi.org/10.17843/rpmesp.2018.352.3719>.

WANG, F., Pan, Y., Cai, P., Guo, T. y Xiao, H. (2017). Shǐyòng gānzhè xiānwéi sù jī xīfù jì cóng shuǐróngyè zhōng jiǎndān hé èr yuán xīfù zhòngjīnshǔ lízǐ. *Shēngwù yuán jìshù*, 241, 482–490. <http://doi:10.1016/j.biortech.2017.05.162>

YU, XL., He, Y. Shǐyòng Doehlert shèjì de pútáo yòu (*Citrus grandis*) nóngyè cánliú guǒpí yǒuxiào xīfù qiān (II) de zuì jiā biànlǎng fànwéi. *Sci Rep* **8**, 729 (2018). <https://doi.org/10.1038/s41598-018-19227-y>

ZHAO. Shixiang Ta, Na y Wang, Xudong 2020 Cóng shuǐróngyè zhōng xīshōu Cu (II) hé Zn (II) dào yuán zì píngguǒ shùzhī de shēngwù tàn shàng. <https://doi.org/10.3390/es13133498>

ANEXOS

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO	1
TÍTULO: Evaluación del poder biosorbente de cáscara de naranja para la eliminación de metales pesados, Pb (II) y Zn (II)		
AUTOR (ES): Cardona et al	AÑO DE PUBLICACIÓN: 2013	

TIPO DE INVESTIGACIÓN: Experimental	PARTICIPANTES: Redalyc.org
---	-----------------------------------

Doi:	https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46729718001
ESPECIE ADSORBENTE	Cáscara de naranja (<i>Citrus sinensis</i>)
METAL	Pb
pH	5
TIEMPO DE REMOCIÓN	120 minutos
TAMAÑO DE PARTÍCULA	0.4 mm
TEMPERATURA	50 °C
ISOTERMA DE ADSORCIÓN	No especifica
PORCENTAJE DE REMOCIÓN	99.50%

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO	2
TÍTULO: Biosorción de Pb (II) de aguas residuales de mina usando el marlo de maíz (<i>Zea mays</i>)		
AUTOR (ES): Oré et al	AÑO DE PUBLICACIÓN: 2015	

TIPO DE INVESTIGACIÓN: Experimental	PARTICIPANTES: Scielo
---	------------------------------

Doi:	http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2015000200005
ESPECIE ADSORBENTE	Marlo de maíz (<i>Zea mays</i>)
METAL	Pb
pH	5
TIEMPO DE REMOCIÓN	90 minutos
TAMAÑO DE PARTÍCULA	0.05 mm
TEMPERATURA	60 °C
ISOTERMA DE ADSORCIÓN	Isoterma de Langmuir
PORCENTAJE DE REMOCIÓN	97.00%

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO	3
TÍTULO: Adsorption of lead and cadmium in continuous of fixed bed on cocoa waste		
AUTOR (ES): Lara et al	AÑO DE PUBLICACIÓN: 2016	

TIPO DE INVESTIGACIÓN: Experimental	PARTICIPANTES: Redalyc.org
---	-----------------------------------

Doi:	https://doi.org/10.18273/revion.v29n2-2016009	
ESPECIE ADSORBENTE	Residuos de cacao (<i>Theobroma cacao</i>)	
METAL	Pb	Cd
pH	6	6
TIEMPO DE REMOCIÓN	24 horas	24 horas
TAMAÑO DE PARTÍCULA	0.5 mm	0.5 mm
TEMPERATURA	90 °C	90 °C
ISOTERMA DE ADSORCIÓN	No especifica	No especifica
PORCENTAJE DE REMOCIÓN	91.32%	87.80%

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO	4
TÍTULO: Adsorción de plomo (II) en solución acuosa con tallos y hojas de <i>Eichhornia crassipes</i>.		
AUTOR (ES): Vizcaíno et al	AÑO DE PUBLICACIÓN: 2017	

TIPO DE INVESTIGACIÓN: Experimental	PARTICIPANTES: Scielo
---	------------------------------

Doi:	https://doi.org/10.31910/rudca.v20.n2.2017.400
ESPECIE ADSORBENTE	Tallos y hojas del jacinto de agua (<i>Eichhornia crassipes</i>)
METAL	Pb
pH	5.5
TIEMPO DE REMOCIÓN	180 minutos
TAMAÑO DE PARTÍCULA	No especifica
TEMPERATURA	700-800 °C
ISOTERMA DE ADSORCIÓN	Isoterma de Langmuir
PORCENTAJE DE REMOCIÓN	98.00%

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO	5
TÍTULO: Adsorción de plomo en cáscara de pepino		
AUTOR (ES): Basu et al	AÑO DE PUBLICACIÓN: 2017	

TIPO DE INVESTIGACIÓN: Experimental	PARTICIPANTES: Elsevier - SCOPUS
---	---

Doi:	https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.03.028
ESPECIE ADSORBENTE	Cáscara de pepino (<i>Cucumis sativus</i>)
METAL	Pb
pH	5
TIEMPO DE REMOCIÓN	60 minutos
TAMAÑO DE PARTÍCULA	0.1 g
TEMPERATURA	30 °C
ISOTERMA DE ADSORCIÓN	Isoterma de Langmuir
PORCENTAJE DE REMOCIÓN	96.00%

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO	6
TÍTULO: Un adsorbente de biocarbón prometedor y rentable derivado de la fosa de azufaifo para la eliminación de Pb (II) de una solución acuosa		
AUTOR (ES): Gao et al	AÑO DE PUBLICACIÓN: 2020	

TIPO DE INVESTIGACIÓN: Experimental	PARTICIPANTES: Scientific reports
---	--

Doi:	https://doi.org/10.1038/s41598-020-64191-1
ESPECIE ADSORBENTE	Fosa de asufaifo (<i>Ziziphus lotus</i>)
METAL	Pb
pH	6
TIEMPO DE REMOCIÓN	30 minutos
TAMAÑO DE PARTÍCULA	10 mm
TEMPERATURA	25 °C
ISOTERMA DE ADSORCIÓN	Isoterma de Freundlich
PORCENTAJE DE REMOCIÓN	70.00%

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO	7
TÍTULO: Estudio de la biosorción de plomo divalente de soluciones acuosas usando biomasa modificada de marlo de maíz (Zea mays)		
AUTOR (ES): Lavado et al	AÑO DE PUBLICACIÓN: 2016	

TIPO DE INVESTIGACIÓN: Experimental	PARTICIPANTES: Scielo
---	------------------------------

Doi:	http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v82n4/a03v82n4.pdf
ESPECIE ADSORBENTE	Marlo de maíz (<i>Zea mays</i>)
METAL	Pb
pH	5
TIEMPO DE REMOCIÓN	60 minutos
TAMAÑO DE PARTÍCULA	0.7 mm
TEMPERATURA	60 °C
ISOTERMA DE ADSORCIÓN	Isoterma de Langmuir
PORCENTAJE DE REMOCIÓN	40.00%

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO	8
TÍTULO: Caracterización y capacidad de adsorción del biosorbente de cáscara de granada cruda para la eliminación de cobre		
AUTOR (ES): Ben et al	AÑO DE PUBLICACIÓN: 2016	

TIPO DE INVESTIGACIÓN: Experimental	PARTICIPANTES: Elsevir - ESCOPUS
---	---

Doi:	https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.10.081
ESPECIE ADSORBENTE	Cáscara de granada (<i>Punica granatum</i>)
METAL	Cu
pH	5.8
TIEMPO DE REMOCIÓN	120 minutos
TAMAÑO DE PARTÍCULA	630 mm
TEMPERATURA	40 °C
ISOTERMA DE ADSORCIÓN	Isoterma de Langmuir
PORCENTAJE DE REMOCIÓN	85.00%

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO	9
TÍTULO: Biosorción de metales pesados a partir de una solución acuosa utilizando residuos de cáscara de naranja celulósica		
AUTOR (ES): Guiza	AÑO DE PUBLICACIÓN: 2017	

TIPO DE INVESTIGACIÓN: Experimental	PARTICIPANTES: Elsevir - ESCOPUS
---	---

Doi:	https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.11.043
ESPECIE ADSORBENTE	Cáscara de naranja (<i>Citrus sinensis</i>)
METAL	Cu
pH	5
TIEMPO DE REMOCIÓN	60 minutos
TAMAÑO DE PARTÍCULA	0.5 mm
TEMPERATURA	20 °C
ISOTERMA DE ADSORCIÓN	Isoterma de Langmuir
PORCENTAJE DE REMOCIÓN	74.50%

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO	10
TÍTULO: Adsorción de Cr (VI) por Cocos nucífera L. en residuales de Fibrocemento en Santiago de Cuba		
AUTOR (ES): Pérez et al	AÑO DE PUBLICACIÓN: 2014	

TIPO DE INVESTIGACIÓN: Experimental	PARTICIPANTES: Redalyc.org
---	-----------------------------------

Doi:	https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=77631180001
ESPECIE ADSORBENTE	Cocotero (<i>Cocos nucífera</i>)
METAL	Cr
pH	3
TIEMPO DE REMOCIÓN	60 minutos
TAMAÑO DE PARTÍCULA	0.074 mm
TEMPERATURA	30 °C
ISOTERMA DE ADSORCIÓN	Isoterma de Langmuir y Freundlich
PORCENTAJE DE REMOCIÓN	94.00%

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO	11
TÍTULO: Biosorción de Cd, Pb y Zn por biomasa pretratada de Algas rojas (Rhodophyta), cáscara de naranja y tuna		
AUTOR (ES): Vizcaíno et al	AÑO DE PUBLICACIÓN: 2015	

TIPO DE INVESTIGACIÓN: Experimental	PARTICIPANTES: Redalyc.org
---	-----------------------------------

Doi:	https://doi.org/10.18359/rcin.432								
ESPECIE ADSORBENTE	(1) Algas rojas (Rhodophyta), (2) cáscara de naranja y (3) tuna								
METAL	Pb (1)	Pb (2)	Pb (3)	Cd (1)	Cd (2)	Cd (3)	Zn (1)	Zn (2)	Zn (3)
pH	4.5								
TIEMPO DE REMOCIÓN	180 minutos								
TAMAÑO DE PARTÍCULA	N.e	0.18	0.25	N.e	0.18	0.25	N.e	0.18	0.25
TEMPERATURA	28 °C								
ISOTERMA DE ADSORCIÓN	No especifica								
PORCENTAJE DE REMOCIÓN	97%	99%	95%	99%	99%	99%	71%	81%	83%

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO	12
TÍTULO: Adsorción de Cromo Hexavalente en soluciones acuosas por cáscaras de naranja (<i>Citrus sinensis</i>)		
AUTOR (ES): Tejada et al	AÑO DE PUBLICACIÓN: 2015	

TIPO DE INVESTIGACIÓN: Experimental	PARTICIPANTES: Scielo
---	------------------------------

Doi:	http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-04552015000100002
ESPECIE ADSORBENTE	Cáscara de naranja (<i>Citrus sinensis</i>)
METAL	Cr
pH	3
TIEMPO DE REMOCIÓN	120 minutos
TAMAÑO DE PARTÍCULA	0.425 mm
TEMPERATURA	60 °C
ISOTERMA DE ADSORCIÓN	Isoterma de Langmuir
PORCENTAJE DE REMOCIÓN	66.60 %

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO	13
TÍTULO: Carnauba (<i>Copernicia prunifera</i>) palm tree biomass as adsorbent for Pb (II) and Cd (II) from water médium		
AUTOR (ES): Félix Oliveira et al	AÑO DE PUBLICACIÓN: 2020	

TIPO DE INVESTIGACIÓN: Experimental	PARTICIPANTES: Google scholar
---	--------------------------------------

Doi:	https://doi.org/10.1007/s11356-020-07635-5	
ESPECIE ADSORBENTE	Carnauba (<i>Copernicia prunifera</i>)	
METAL	Pb	Cd
pH	5	5
TIEMPO DE REMOCIÓN	120 minutos	120 minutos
TAMAÑO DE PARTÍCULA	No especifica	No especifica
TEMPERATURA	28 °C	28 °C
ISOTERMA DE ADSORCIÓN	Temkin y Freundlich	Temkin y Freundlich
PORCENTAJE DE REMOCIÓN	96.00 %	96.00 %

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO	14
TÍTULO: Absorption of Cu (II) and Zn (II) from Aqueous Solutions onto Biochars Derived from Apple Tree Branches		
AUTOR (ES): Zhao et al	AÑO DE PUBLICACIÓN: 2020	

TIPO DE INVESTIGACIÓN: Experimental	PARTICIPANTES: Google scholar
---	--------------------------------------

Doi:	https://doi.org/10.3390/es13133498	
ESPECIE ADSORBENTE	Ramas de manzano (<i>Malus domestica</i>)	
pH	Cu = 5	Zn = 5
TIEMPO DE REMOCIÓN	Cu = 1440 minutos	Zn = 1440 minutos
TAMAÑO DE PARTÍCULA	Cu = no especifica	Zn = no especifica
TEMPERATURA	Cu = 25 °C	Zn = 25 °C
ISOTERMA DE ADSORCIÓN	Cu = Isoterma de Langumir	Zn = Isoterma de Langumir
PORCENTAJE DE REMOCIÓN	Cu = 96.30 %	Zn = 91.74 %



TÍTULO: Использование скорлупы грецкого ореха (*Juglans Regia*) в качестве сорбционного материала для удаления загрязняющих веществ из природных и сточных вод.

AUTOR (ES): Shaikhiev et al

AÑO DE PUBLICACIÓN: 2020

TIPO DE INVESTIGACIÓN:

Experimental

PARTICIPANTES: Google scholar

Doi:	https://doi.org/10.14258/JCPRM.2020025622			
ESPECIE ADSORBENTE	Cáscara de nogal (<i>Juglans regia</i>)			
METAL	Cu	Zn	Fe	Mg
pH	9	6.53	7	7
TIEMPO DE REMOCIÓN	240 min	120 min	240 min	300 min
TAMAÑO DE PARTÍCULA	No esp.	1.6 mm	2.5 mm	1.6 mm
TEMPERATURA	25 °C	20 °C	20 °C	20 °C
ISOTERMA DE ADSORCIÓN	Isoterma de Langmuir			
PORCENTAJE DE REMOCIÓN	40%	97.38%	92.70%	89.70%

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO	16
TÍTULO: Xīguā pí shēngwù tàn duì jīnshǔ de xīfù jí qí zài shuǐróngyè zhōng de jīlǐ		
AUTOR (ES): Chen et al	AÑO DE PUBLICACIÓN: 2020	

TIPO DE INVESTIGACIÓN: Experimental	PARTICIPANTES: Google scholar
---	--------------------------------------

Doi:	http://doi:10.1680/jenes.19.00026
ESPECIE ADSORBENTE	Cáscara de sandía (<i>Citrullus lanatus</i>)
METAL	Cd
pH	6
TIEMPO DE REMOCIÓN	24 horas
TAMAÑO DE PARTÍCULA	0.00045 mm
TEMPERATURA	90 °C
ISOTERMA DE ADSORCIÓN	Isoterma de Langmuir
PORCENTAJE DE REMOCIÓN	97.00%

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO	17
TÍTULO: Yī zhǒng yuán zì gānzhè zhā mùzhí sù de wǎn zhuàng shēngwù xīfù jì, yòng yú xīfù gé lízǐ.		
AUTOR (ES): Peng et al	AÑO DE PUBLICACIÓN: 2020	

TIPO DE INVESTIGACIÓN: Experimental	PARTICIPANTES: Scientif reports
---	--

Doi:	https://doi.org/10.1007/s10570-020-03376-3
ESPECIE ADSORBENTE	Caña de azúcar (Saccharum officinarum)
METAL	Cd
pH	6
TIEMPO DE REMOCIÓN	180 minutos
TAMAÑO DE PARTÍCULA	0.22 mm
TEMPERATURA	25 °C
ISOTERMA DE ADSORCIÓN	Isoterma de Freundlich
PORCENTAJE DE REMOCIÓN	99.00%

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO	18
TÍTULO: Remoción de plomo (II) usando lignina obtenida a partir del procesamiento del seudotallo de plátano.		
AUTOR (ES): Ramírez et al	AÑO DE PUBLICACIÓN: 2015	

TIPO DE INVESTIGACIÓN: Experimental	PARTICIPANTES: Redalyc.org
---	-----------------------------------

Doi:	https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169940048002
ESPECIE ADSORBENTE	Seudotallo de plátano
METAL	Pb
pH	13
TIEMPO DE REMOCIÓN	30 minutos
TAMAÑO DE PARTÍCULA	0.5 mm
TEMPERATURA	60 °C
ISOTERMA DE ADSORCIÓN	Modelo BET
PORCENTAJE DE REMOCIÓN	55.00%

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO	19
TÍTULO: Adsorción de Ni (II) por cáscaras de ñame (<i>Dioscorea alata</i>) y bagazo de palma (<i>Arecaceae</i>) pretratadas.		
AUTOR (ES): Tejada et al	AÑO DE PUBLICACIÓN: 2016	

TIPO DE INVESTIGACIÓN: Experimental	PARTICIPANTES: Redalyc.org
---	-----------------------------------

Doi:	https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=321744162004	
ESPECIE ADSORBENTE	Cáscara de ñame	Bagazo de palma
METAL	Ni	
pH	6	6
TIEMPO DE REMOCIÓN	24 horas	24 horas
TAMAÑO DE PARTÍCULA	1 mm	1 mm
TEMPERATURA	25 °C	25 °C
ISOTERMA DE ADSORCIÓN	Isoterma de Langmuir	Isoterma de Langmuir
PORCENTAJE DE REMOCIÓN	77.00%	81.00%

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO	20
TÍTULO: Adsorción competitiva de Ni (II) y Pb (II) sobre materiales residuales lignocelulósicos		
AUTOR (ES): Tejada et al	AÑO DE PUBLICACIÓN: 2015	

TIPO DE INVESTIGACIÓN: Experimental	PARTICIPANTES: Redalyc.org
---	-----------------------------------

Doi:	https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=239040814007	
ESPECIE ADSORBENTE	Cáscara de naranja (<i>Citrus sinensis</i>)	
METAL	Pb	Ni
pH	6	6
TIEMPO DE REMOCIÓN	24 horas	24 horas
TAMAÑO DE PARTÍCULA	0.5 mm	0.5 mm
TEMPERATURA	25 °C	25 °C
ISOTERMA DE ADSORCIÓN	Isoterma de Langmuir y Freundlich	
PORCENTAJE DE REMOCIÓN	98.00%	85.00%

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO	21
TÍTULO: Uso de cáscara de cacao (<i>Theobroma cacao</i>) para la remoción de cromo en solución acuosa.		
AUTOR (ES): Pérez et al	AÑO DE PUBLICACIÓN: 2020	

TIPO DE INVESTIGACIÓN: Experimental	PARTICIPANTES: Redalyc.org
---	-----------------------------------

Doi:	https://doi.org/10.24050/reia.v17i34.1393
ESPECIE ADSORBENTE	Cáscara de cacao (<i>Theobroma cacao</i>)
METAL	Cr
pH	6
TIEMPO DE REMOCIÓN	240 minutos
TAMAÑO DE PARTÍCULA	0.8 mm
TEMPERATURA	28 °C
ISOTERMA DE ADSORCIÓN	Isoterma de Sips
PORCENTAJE DE REMOCIÓN	24.00%

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO	22
TÍTULO: Evaluación de la capacidad de adsorción de MN2 + por biomasa residual de caña de azúcar (<i>Saccharum officinarum</i>)		
AUTOR (ES): Rodríguez et al	AÑO DE PUBLICACIÓN: 2019	

TIPO DE INVESTIGACIÓN: Experimental	PARTICIPANTES: Redalyc.org
---	-----------------------------------

Doi:	https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=443559859005
ESPECIE ADSORBENTE	Caña de azúcar (<i>Saccharum officinarum</i>)
METAL	Mn
pH	4.3
TIEMPO DE REMOCIÓN	60 minutos
TAMAÑO DE PARTÍCULA	0.5 mm
TEMPERATURA	105 °C
ISOTERMA DE ADSORCIÓN	Isoterma de Langmuir
PORCENTAJE DE REMOCIÓN	62.50%

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO	23
TÍTULO: Enhanced adsorption composite foams for copper (II) removal using carbon functionalized with bio-renewable polyisoprene derived from coconut shell waste.		
AUTOR (ES): Kettum et al	AÑO DE PUBLICACIÓN: 2021	

TIPO DE INVESTIGACIÓN: Experimental	PARTICIPANTES: Scientific reports
---	--

Doi:	https://doi.org/10.1038/s41598-020-80789-x
ESPECIE ADSORBENTE	Cáscara de coco (<i>Cocos nucifera</i>) L.
METAL	Cu
pH	3
TIEMPO DE REMOCIÓN	250 minutos
TAMAÑO DE PARTÍCULA	0.2 mm
TEMPERATURA	30 °C
ISOTERMA DE ADSORCIÓN	Isoterma de Langmuir
PORCENTAJE DE REMOCIÓN	95.00%

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO	24
TÍTULO: Adsorption capability of brewed tea waste in waters containing toxic lead(II), cadmium (II), nickel (II), and zinc(II) heavy metal ions.		
AUTOR (ES): Hakancelebi et al	AÑO DE PUBLICACIÓN: 2021	

TIPO DE INVESTIGACIÓN: Experimental	PARTICIPANTES: Scientific reports
---	--

Doi:	https://doi.org/10.1038/s41598-020-74553-4		
ESPECIE ADSORBENTE	Desechos de té (<i>Camellia sinensis</i>)		
METAL	Pb	Cd	Zn
pH	4	3	4
TIEMPO DE REMOCIÓN	2 minutos	5 minutos	10 minutos
TAMAÑO DE PARTÍCULA	No esp.	No esp.	No esp.
TEMPERATURA	40 °C	40 °C	20 °C
ISOTERMA DE ADSORCIÓN	Isoterma de Langmuir		
PORCENTAJE DE REMOCIÓN	99.01%	84.23%	83.45%

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO	25
TÍTULO: Shǐyòng Doehlert shèjì de pútáo yòu (<i>Citrus grandis</i>) nóngyè cánliú guǒpí yǒuxiào xīfù qiān (II) de zuì jiā biànlìàng fànwéi.		
AUTOR (ES): Yu et al	AÑO DE PUBLICACIÓN: 2018	

TIPO DE INVESTIGACIÓN: Experimental	PARTICIPANTES: Scientific reports
---	--

Doi:	https://doi.org/10.1038/s41598-018-19227-y
ESPECIE ADSORBENTE	Residuos de pomelo (<i>Citrus grandis</i>)
METAL	Pb
pH	3
TIEMPO DE REMOCIÓN	210 minutos
TAMAÑO DE PARTÍCULA	No especifica
TEMPERATURA	50 °C
ISOTERMA DE ADSORCIÓN	Isoterma de Langmuir
PORCENTAJE DE REMOCIÓN	99.90%

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO	26
TÍTULO: Róngjiě yǒujīwù jiè dǎo de shēngwù tàn xiāochú tóng (II)		
AUTOR (ES): PinjingHe et al	AÑO DE PUBLICACIÓN: 2017	

TIPO DE INVESTIGACIÓN: Experimental	PARTICIPANTES: Scientific reports
---	--

Doi:	https://doi.org/10.1038/s41598-017-07507-y
ESPECIE ADSORBENTE	biocarbón (residuos de madera y de estiércol)
METAL	Cu
pH	7
TIEMPO DE REMOCIÓN	3 horas
TAMAÑO DE PARTÍCULA	0.5 mm
TEMPERATURA	25 °C
ISOTERMA DE ADSORCIÓN	Isoterma de Langmuir y Freundlich
PORCENTAJE DE REMOCIÓN	50.00%



Declaratoria de Originalidad del Autor / Autores

Yo (Nosotros), MENA CHALCO MADELYN ARELIS, PEREZ TORRES XIOMARA JOSELINE estudiante(s) de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA y Escuela Profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO, declaro (declaramos) bajo juramento que todos los datos e información que acompañan al Trabajo de Investigación / Tesis titulado: "CAPACIDAD ADSORBENTE DE METALES PESADOS UTILIZANDO MATERIALES LIGNOCELULÓSICOS EN AGUAS CONTAMINADAS: REVISIÓN SISTEMÁTICA", es de mi (nuestra) autoría, por lo tanto, declaro (declaramos) que el Tesis:

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

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

Apellidos y Nombres del Autor	Firma
MENA CHALCO MADELYN ARELIS DNI: 73986998 ORCID: 0000-0002-1229-8372	
PEREZ TORRES XIOMARA JOSELINE DNI: 72533185 ORCID: 0000-0002-4769-9547	