



Universidad César Vallejo

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Aplicación del Carbón Activado en la Remoción de Cromo en  
Aguas de Curtiembre: Revisión sistemática**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniera Ambiental

**AUTORAS:**

Delgado Huamán, Joseline Esly (ORCID:0000-0001-8635-3525)

Puma Taype, Karise (ORCID:0000-0002-2229-3532)

**ASESOR:**

Mg. Ugarte Alvan, Carlos Alfredo (ORCID:0000-0001-6017-1192)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Gestión de Riesgos y Adaptación al Cambio Climático

**LIMA – PERÚ**

**2022**

## **Dedicatoria**

A Dios por permitirnos la vida, que cada día podamos afrontar nuevos retos, por ser la luz de nuestro camino, Por hacer de nosotras unas personas de bien y por darnos fuerzas para salir adelante en los momentos más difíciles de la vida.

A nuestros padres: que, con su dedicación invaluable, amor, sacrificio, consejos, valores y virtudes hicieron posible nuestra formación Profesional.

A nuestros seres queridos más cercanos por su apoyo incondicional y moral.

## **Agradecimiento**

Nuestro más profundo agradecimiento A la Universidad César Vallejo, por apostar en la juventud para realizar un futuro de éxito quienes con su apoyo permanente Científico y Tecnológico ha hecho posible la culminación de nuestra carrera profesional.

Nuestro Agradecimiento muy sincero al ING. Carlos Alfredo Ugarte Alvan, guía profesional en el proceso de titulación; quien con su apoyo permanente y estímulo constante en la búsqueda del conocimiento y la información relevante ha hecho posible la culminación de la presente tesis de investigación.

## Índice de contenidos

Carátula	
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenido .....	iv
Índice de tablas .....	v
Índice de figuras .....	vi
Índice de abreviaturas .....	vii
Resumen.....	viii
Abstract.....	ix
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>3</b>
<b>III. METODOLOGÍA.....</b>	<b>27</b>
<b>3.1 Tipo y diseño de investigación.....</b>	<b>27</b>
<b>3.2 Categorías, subcategorías y matriz de categorización.....</b>	<b>27</b>
<b>3.3. Escenario de estudio.....</b>	<b>29</b>
<b>3.4. Participantes.....</b>	<b>29</b>
<b>3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....</b>	<b>29</b>
<b>3.6. Procedimiento.....</b>	<b>30</b>
<b>3.7. Rigor científico.....</b>	<b>32</b>
<b>3.8. Método de análisis de información.....</b>	<b>32</b>
<b>3.9. Aspectos éticos.....</b>	<b>33</b>
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>34</b>
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>48</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>50</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>51</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>58</b>

## Índice de tablas

<b>Tabla 1</b> Antecedentes de la investigación.....	4
<b>Tabla 2</b> Características y propiedades del carbón activado.....	25
<b>Tabla 3</b> Matriz de Apriorística .....	28
<b>Tabla 4</b> Tipo de Carbón Activado.....	36
<b>Tabla 5</b> Año de Publicación .....	35
<b>Tabla 6</b> Ph óptimo de la capacidad de absorción .....	39
<b>Tabla 7</b> Tiempo óptimo de absorción del contaminante.....	41
<b>Tabla 8</b> Dosis optima .....	42
<b>Tabla 9</b> Temperatura optima.....	43
<b>Tabla 10</b> Capacidad de adsorción .....	44
<b>Tabla 11</b> Estructura y propiedades de los carbonos activados.....	45

## Índice de figuras

<b>Figura 1</b> Características fisicoquímicas del carbón activado .....	26
<b>Figura 2</b> Procesamiento de la investigación .....	31
<b>Figura 3</b> Países en los que se desarrollaron las investigaciones .....	34
<b>Figura 4</b> Línea de tiempo de las investigaciones.....	35
<b>Figura 5</b> PH óptimo de la capacidad de absorción .....	40
<b>Figura 6</b> Tiempo óptimo de absorción del contaminante .....	41
<b>Figura 7</b> Dosis optima.....	42
<b>Figura 8</b> Temperatura optima .....	44
<b>Figura 9</b> Capacidad de adsorción.....	45

## Índice de abreviaturas

ACK1-M	Tirosina quinasa Ack1
CA	Carbón activado
Cd	Cadmio
Cd(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> · 4H <sub>2</sub> O	Nitrato de cadmio tetrahidratado
Cr	Cromo
Cr(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> ·9H <sub>2</sub> O	Nitrato de cromo (III) nonahidratado
Cu	Cobre
CuSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O	Sulfato de cobre(II) pentahidratado
EDTA	Acido Disodio
FDN	Fibra detergente neutro
HNO <sub>3</sub>	Ácido nítrico
IG	Índice de Germinación
KOH	Hidróxido de potasio, Hidróxido de potasio
NH <sub>4</sub> OH	Hidróxido de amonio
Ni(II)	Níquel
Pb	Plomo
Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Nitrato de plomo (II)
pH	Potencial hidrógeno
TN	Nitrógeno total
Zn	Zinc
ZnCl <sub>2</sub>	Cloruro de cinc

## Resumen

Las industrias demandan de bastante agua, lo que produce contaminación de este recurso que es de vital importancia y debe ser utilizado con responsabilidad. Por ese motivo, el objetivo de la presente investigación fue de identificar los carbones activados más eficaces en la remoción de cromo (VI) en aguas de curtiembre, para lograr el objetivo, se realizó un análisis documental en base a una revisión de 30 artículos científicos pertenecientes a bases digitales como SpringerLink. Estos tienen un filtro de indexación y pertenecientes a un cuartil superior. Los resultados obtenidos fueron que, el carbón activado más eficaz con una efectividad de remoción fue elaborado en base de pajas de arroz J. Li,S. Tabassum (2021) y en base carbón activado en polvo (PAC) en D.An.et (2021); por lo tanto, la eficacia recae más en los carbones de origen natural; es decir que estén elaborados en base a materiales que se encuentran en la propia naturaleza, y que por lo general son desechados. De acuerdo a los resultados se ha evidenciado que la capacidad de adsorción del carbón activado, recae en su origen de creación, ya que la mayor efectividad que se vio fue de 991.4 mg/L, en la que el carbón fue realizado en base a pajas de arroz, mientras que otro de los estudios que cuenta con menor efectividad de remoción pero no con una diferencia relevante fue de 913 mg/L, en la que el carbón fue en base a carbón activado en polvo (PAC), estos materiales que se utilizaron se encuentra de manera considerable.

**Palabras claves:** Carbón activado, aguas de curtiembre, cromo.



## **Abstract**

Industries require a lot of water, which produces pollution of this resource that is of vital importance and must be used responsibly. For this reason, the objective of the present investigation was to identify the most effective activated carbons in the removal of chromium (VI) in tannery waters, to achieve the objective, a documentary analysis was carried out based on a review of 30 scientific articles. belonging to digital bases such as SpringerLink. These have an indexing filter and belong to an upper quartile. The results obtained were that the most effective activated carbon with a removal effectiveness was made based on rice straw, based on wood; therefore, the effectiveness falls more on carbons of natural origin; that is to say that they are made based on materials that are found in nature itself, and that are generally discarded. According to the results, it has been shown that the adsorption capacity of activated carbon lies in its origin of creation, since the greatest effectiveness that was seen was 991.4 mg/L, in which the carbon was made based on rice straw, while another of the studies that has a lower removal effectiveness but not with a relevant difference was 913 mg/L, in which the carbon was based on powdered activated carbon (PAC), these materials that were used is found considerably.

**Keywords:** Activated carbon, tannery water, chrome

## I. INTRODUCCIÓN

Una de las mayores preocupaciones que angustia al mundo es el desarrollo de actividades socioeconómicas industriales, principalmente en países de vías de desarrollo como el nuestro; ya que, ocasionan una serie de impactos negativos tanto al ambiente como a la salud; por lo tanto, es importante implementar medidas que disminuyan los daños ocasionados por dichas actividades (Silva y Flores 2019). Las industrias demandan de bastante agua, lo que produce contaminación de este recurso que es de vital importancia y debe ser utilizado con responsabilidad. Uno de los aspectos más influyentes para mitigar la contaminación del agua es la reutilización, se estima que podría alcanzar un ahorro de hasta el 90% de energía y un 70% en agua de esta manera (Molina y Angulo 2020).

En la actualidad la industria de la curtiembre, proceso de convertir las pieles de los animales en cuero, genera diversos tipos y cantidades de contaminantes a través de las aguas residuales generadas al finalizar el proceso de curtiembre, siendo el metal pesado cromo (III) y su oxidación a cromo (VI), uno de los principales contaminantes (Pinedo 2012).

El presente trabajo de investigación se justifica teóricamente porque busca alternativas válidas para resolver el problema de impacto ambiental de residuos líquidos de la industria de curtiembre. Entre sus opciones para resolver este problema se considera a los carbones activados por su capacidad de remoción del cromo en las aguas residuales de la industria de la curtiembre a través de tratamientos de métodos físicos y químicos para la remoción de cromo (VI) en aguas de curtiembre.

Desde la justificación práctica, las variables de estudio son los carbones activados para la remoción de cromo (VI) que servirán como parte del diseño de futuros proyectos de inversión con el propósito de dar soluciones estratégicas a la problemática ambiental del recurso hídrico por consecuencia de la industria de la curtiembre.

De acuerdo a lo planteado se propone como problema general de la presente investigación ¿Cuáles son los carbones activados más eficaces en la remoción de cromo (VI) en aguas de curtiembre?, como problema específico se busca conocer

¿Cuáles son los carbones activados con mayor capacidad de adsorción en la remoción de cromo (VI) en aguas de curtiembre?,

¿Cuáles son los tipos de estructura y propiedades de los carbones activados en la remoción de cromo (VI) en aguas de curtiembre?

¿Cuáles son las características fisicoquímicas de los carbones activados en aguas de curtiembre? Así mismo, se propuso como objetivo general, identificar los carbones activados más eficaces en la remoción de cromo (VI) en aguas de curtiembre. Los objetivos específicos fueron:

OE1: Evaluar la capacidad de adsorción de los carbones activados en la remoción de cromo (VI) en aguas de curtiembre.

OE2: Identificar la estructura y propiedades de los carbonos activados en la remoción de cromo (VI) en aguas de curtiembre

OE3: Analizar las características fisicoquímicas de los carbones activados en aguas de curtiembre.

## **II. MARCO TEÓRICO**

En este capítulo para la elaboración de este trabajo de investigación ,se procede a la recopilación de información de las siguiente base de datos como son: ScienceDirect, Science of The Total Environment, Environmental Pollution, Water Research, Chemosphere, Journal of Environmental Management, Journal of Cleaner Production, Bioresource Technology, South African Journal of Chemical Engineering, Journal of Water Process Engineering, Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management, Sustainable Chemistry and Pharmacy. El periodo fijado como referencia se encuentra dentro del intervalo desde el 2017 hasta el 2022, asimismo, la búsqueda de información se realizará afín de que se relacionen entre sí los aspectos de metodología y los parámetros fisicoquímicos que se va a analizar y evaluar. La información dada se resume dentro de la tabla 1.

**Tabla 1***Antecedentes de la investigación*

Nº	AUTOR	AÑO	ÁREA	METODOLOGÍA /DESCRIPCIÓN	PARÁMETROS DE USO	RESULTADOS
1	W.M. Ibrahim	2019	Uso potencial del verde macroalga U. lactuca y su carbón activado para la remoción de metales pesados de aguas contaminadas.	Preparación de adsorbentes, Soluciones de iones metálicos. uso potencial del verde macroalga U. lactuca y su carbón activado para la remoción de metales pesados de aguas contaminadas. Las soluciones madre (1000 mg/L) de los metales pesados analizados se prepararon disolviendo CuSO <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O, Cd(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> .4H <sub>2</sub> O, Cr(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> .9H <sub>2</sub> O y Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> (grado analítico) en agua desionizada	PH Carbón Temperatura activado	se muestran las morfologías de superficie para AP y AAC. Muestra cavidades de tamaño asimétrico y la amplia distribución del tamaño de los poros puede deberse al efecto drástico del KOH a 800 °C en la superficie AP durante la activación. La imagen SEM de AP muestra la ausencia de poros, lo que refleja la pequeña superficie de AP (Ibrahim, Hassan and Azab 2016)
2	Y. Zhang	2021	Los cambios dinámicos en las fracciones de HM durante el compostaje de estiércol de pollo después de la enmienda de CA en	El contenido de MO se determinó por la diferencia de peso después de quemar la muestra secada al aire a 550 °C en un horno de mufla durante 4 h (Sun et al., 2019). El carbono	PH Materia orgánica	Este estudio dilucidó los cambios dinámicos en las fracciones HM durante el compostaje de estiércol de pollo después de la enmienda AC en diferentes períodos (período inicial: T1,

Nº	AUTOR	AÑO	ÁREA	METODOLOGÍA /DESCRIPCIÓN	PARÁMETROS DE USO	RESULTADOS
			diferentes periodos. Descripción de las materias primas y del proceso de compostaje.	orgánico total (TOC) se midió utilizando un analizador de TOC (TOC-VCPH, Shimadzu, Japón). La absorbancia se midió a 465 nm y 665 nm utilizando un espectrofotómetro ultravioleta-visible (UV-1601 PC, Shimadzu, Japón). Antes de la determinación, la longitud de onda era corregido utilizando el método de corrección de línea espectral, y la precisión de La transmisión de luz se verificó por el método del dicromato de potasio. El el índice de germinación (IG) y el pH se determinaron según lo descrito por Cui et al. (2017). El contenido de nitrógeno total (TN) en las muestras fue determinado por el método de Kjeldahl. La relación C/N se calculó (Zhang et al., 2019) utilizando la siguiente ecuación: $C/N = TOC/TN$ .	temperatura	período termofílico: T2, período de enfriamiento: T3). En comparación con la etapa inicial, las concentraciones de materia orgánica en los grupos control, T1, T2 y T3 disminuyeron un 15,9 %, 25,8 %, 22,6 % y 19,0 %, respectivamente, al final del compostaje. Los resultados de las fracciones de HM mostraron que la secuencia de pasivación de HM por AC fue la más alta para Zn, seguida por Cu y Pb. La adición de AC en T2 afectó significativamente a la comunidad bacteriana. El análisis de partición de varianza indicó que AC aceleró el efecto de pasivación en Zn y Pb al regular los factores ambientales y en Cu al influir en la comunidad microbiana. (Zhang et al. 2022)
3	J. Zheng,R. Li	2017	El lodo de depuradora (SS) utilizado en este estudio fue un lodo digerido muestra recolectada de una planta de tratamiento de aguas residuales en Beijing. Preparación de carbón	La mezcla Luego se impregnó con ZnCl2 sumergiendo la muestra en 5 M Solución de ZnCl2 (1:4 g/mL). Se dejó agitar la suspensión durante 24 h a 100 rpm. Finalmente, la mezcla se separó por centrifugación a 9000 rpm y el producto sólido se secó durante	PH  Temperatura	Las pruebas de equilibrio por lotes indicaron que el carbón activado funcionariado con tiol tenía una capacidad de sorción máxima de 238,1, 96,2, 87,7 y 52,4 mg/g para la eliminación de Pb(II), Cd(II), Cu(II) y Ni(II) del agua, respectivamente. Los

Nº	AUTOR	AÑO	ÁREA	METODOLOGÍA /DESCRIPCIÓN	PARÁMETROS DE USO	RESULTADOS
				activado a partir de aguas residuales. 24 h a 105 C. En la etapa de carbonización, el producto obtenido fue uniformemente extendido en un bote y calentado en un horno tubular (Tianjin Zhong huan, China) a la temperatura deseada que oscila entre 500-800 C en una rampa de 10 C/min. Todo el proceso de carbonización fue controlado en condiciones anaeróbicas por el flujo de N2 a una tasa de 100 ml/min. Al final del tiempo de pirólisis preestablecido (15-120 min), la muestra carbonizada se enfrió a temperatura ambiente en el horno. A continuación, la muestra se lavó secuencialmente con HCl 3 M y agua destilada caliente (70-80 C) varias veces para eliminar cualquier químicos residuales.		resultados de este estudio sugieren que el carbón activado funcionalidad con tiol preparado a partir de lodos de depuradora mezclados con carbón sería un material adsorbente prometedor para la eliminación de metales pesados de aguas contaminadas con Cu(II), Pb(II), Cd(II) y Ni(II) ). (Li et al. 2018)
4	J.J. Levchuk	Rueda-Márquez,I. 2021	Estándares analíticos de monitoreados. Muestreo y caracterización de efluentes de aguas residuales municipales	Caracterización del carbón activado granular Se utilizó el método t-plot para el análisis de microporos. Se utilizó porosimetría de intrusión de mercurio para determinar los volúmenes de mineral meso y macropor (aparato Poremaster 60 de Quantachrome). El Se obtuvo un volumen de mesoporo en el rango no cubierto por MIP de la isoterma N2. Los análisis elementales se realizaron en un Analizador elemental LECO CHNS628. El análisis químico	Carbón activado  Porosidad	Los resultados indican que la mayor eficiencia en términos de eliminación de TOC se logró durante CWPO realizado en condiciones operativas óptimas (dosis estequiometría de H2O2; __ Eliminación de TOC ~ 82 %), seguida de PMS/GAC (concentración inicial de PMS 100 mg L <sup>-1</sup> ; eliminación de TOC ~ 73,7 %) y PDS/GAC (concentración inicial de PDS 100 mg L <sup>-1</sup> ; Eliminación de TOC ~ 67,9%) después de 5 min de tiempo de contacto. El consumo total de

Nº	AUTOR	AÑO	ÁREA	METODOLOGÍA /DESCRIPCIÓN	PARÁMETROS DE USO	RESULTADOS
				complementario se llevó a cabo mediante fluorescencia de rayos X de dispersión de longitud de onda. espectroscopia (WDXRF) para comprobar la presencia de diferentes elementos con un aparato S8 Tiger (Bruker). Difracción de rayos X (XRD) patrón se realizó en un difractómetro Bruker D8 Advance XRD con una radiación Cu K $\alpha$ ( $\lambda=0.1541$ nm) en el rango 2 $\theta$ 10-80° a una velocidad de exploración de 0,02°/s y 0,5 s por punto	Volumen	oxidantes se observó en todos los casos para CWPO y PDS/GAC a tiempos de contacto de 2,5 min, mientras que para PMS/GAC fue de 1,5 min (Rueda-Márquez et al. 2021)
5	Y.-E. Lee,Y.-S. Yoo	2020	La planta de tratamiento de agua de Cheongju trata el agua con Carbón activado en polvo para reducir la contaminación del agua. Experimental, métodos analíticos y caracterización de muestras	Análisis de metales pesados (As, Pb, Zn, Cu, Ni, Cd) en el WTR así como el cambio en la lixiviación de metales pesados después del pirólisis	PH  Carbón activado	El contenido de carbono del lodo crudo fue de aproximadamente 19%. Esto supera el contenido de carbono WTR del 6,6 % observado por Taek-Keun et al. ( Taek-Keun et al. (2012) y 11.9% observado por Lee et al. (2018) (en este último ocurrió eutrofización). (Lee et al. 2020)



Nº	AUTOR	AÑO	ÁREA	METODOLOGÍA /DESCRIPCIÓN	PARÁMETROS DE USO	RESULTADOS
6	R. Shahrokhi-Shahraki,C. Benally,M.G. El-Din,J. Park	2020	Preparación de carbón activado derivado de neumáticos (TAC)	Estabilidad química de TAC La prueba de lixiviación se realizó en condiciones ácidas y alcalinas según el estudio de Alamo-Nole et al. (2011). Es decir, 0,5 g de TAC se empapó en 50 mL de agua DI con valores de pH ajustados de 1.5, 4.0, 7.0 y 9.0 utilizando soluciones de HNO3 y NaOH. Después de 24 h de agitación a temperatura ambiente (22 ± 2 C), las soluciones se filtraron. El Se tomaron sobrenadantes claros de cada muestra y se analizado mediante espectrometría de masas de plasma acoplado inductivamente (ICP-MS) para los iones Pb, Cu, Zn, cadmio (Cd) y arsénico (As)	Ph  Temperatura	se puede ver que el carbón activado producido a partir de papel usado y algodón con activación de ZnCl 2 proporcionó mejores valores (1496.97 m 2 /gy 1293.02 m 2 /g). De acuerdo con el análisis de volumen de poros, el carbón activado producido a partir de algodón con activación de ZnCl 2 proporcionó valores más altos (0,68654 cm 3 /g). Este sistema es un enfoque prometedor para el tratamiento de aguas residuales y su futura comercialización. (Shahrokhi-Shahraki et al. 2021)
7	R. Wang,X.-W. Fan,Y.-Z. Li	2021	Elaboración y caracterización de MBAs Se analizaron los espectros infrarrojos transformados de Fourier (FTIR) de los MBA.	Medición de la adsorción y eliminación de metales Los MBA se cultivaron durante 3 d a 200 ppm y 32 °C en matraz cónico que contiene medio PD líquido, se enjuaga con agua desionizada y se esparce en el papel de filtro estéril para absorber el agua en la superficie MBA antes de su uso. La adsorción del metal se realizó por lotes a 32 °C y 200 ppm en un matraz cónico de 250 ml que contiene 50 ml de agua potable contaminada con metales pesados simulados que estaba compuesta por 5 g de MBA, 100 mg/l sal metálica y agua desionizada. El contenido de metal en la solución fue medido usando una espectrometría de emisión óptica de plasma de	Ph Temperatura	Los resultados revelaron que se prepararon HDP-ACS y HDP-ACP altamente eficientes con un 20 % de ácido a una temperatura entre 470 °C y 490 °C. HDP-ACS y HDP-ACP contenían 5,98 % frente a 7,93 % de ceniza y 1,63 frente a 2,50 m mol g 1 de acidez.fue 4 vs 3.5, IN fue 528.60 vs 1174.19 mg g -1 y fue de 591,92 frente a 1272,38 m 2 g -1 para ambos adsorbentes. HDP-ACS exhibió 83,49% y 88,88% de eficiencia de adsorción de Cr 3+ y Zn 2+ max) fue de 834,94 mg Cr 3+ y 326,19 mg Zn 2+ por gramo de HDP-ACS. Por el contrario, HDP-ACP tenía 888,85 mg Cr 3+ y 336,51 mg Zn 2+ g -1 de Q máx. El costo específico de HDP-AC fue de USD 261,81/tonelada, que fue inferior

Nº	AUTOR	AÑO	ÁREA	METODOLOGÍA /DESCRIPCIÓN	PARÁMETROS DE USO	RESULTADOS
				acoplamiento inductivo ICP-5000 (Focused Photonics Inc. China) bajo el valor predeterminado incorporado parámetros		al precio de mercado comercial de USD 1000/tonelada. Por lo tanto, el HDP-AC preparado era económicamente factible. Eficiencia de adsorción, mientras que HDP-ACP tuvo 81,55% y 84,13%. La capacidad de adsorción. (Wang, Fan and Li 2022)
8	L.S. Queiroz	2020	Los carbones activados fueron modificados por ácido nítrico bajo calentamiento por microondas. Se empleó el método descrito por Ello et al. (2013). Para la carbonización, las semillas de acai se calentaron a 600 C durante 1 h a una velocidad de 10 C.min	Modificación de materiales de carbón activado por ácido nítrico La modificación de los AC se realizó en base a los estudios de Yao et al. (2016). Se agregaron muestras de CA (0,07 g) a HNO3 8 M (35 ml) y se se colocó en el microondas durante 20 min a 400 W. Luego, la muestra se lavado con agua a pH neutro. Estas muestras fueron nombradas agregando M" por ejemplo, ACK1-M. caracterización fisicoquímica Los análisis termogravimétricos se realizaron utilizando un modelo DTG Aparato 60H (Shimadzu, Japón). Los experimentos se realizaron para el rango de temperatura de 25–900 C con una tasa de calentamiento de 10 C.min	Ph Temperatura Carbón activado	El análisis elemental mostró que el contenido de nitrógeno de HNAC era tan alto como 5,8%, y se encontraron seis tipos de nitrógeno, como nitrógeno de piridina y nitrógeno de pirrol, de acuerdo con la caracterización por espectroscopia de fotoelectrones de rayos X. Las cantidades máximas de adsorción de HNAC para Pb, Cu, Ni y Co fueron 231,0, 130,0, 106,0 y 104,66 mg/g, respectivamente. Se ha demostrado que había cuatro mecanismos de adsorción para que HNAC adsorbiera múltiples metales pesados y se han calculado las proporciones de varios mecanismos. Especialmente, la selectividad de adsorción de HNAC a Pb se demostró mediante el sistema de reacción de metal binario, y la adsorción altamente eficiente está asociada con grupos funcionales de nitrógeno. Por lo tanto, los desechos de cuero parecen alentar a preparar HNAC para la adsorción de metales pesados sin agregar reactivos de modificación de amino (Queiroz et al. 2020)

Nº	AUTOR	AÑO	ÁREA	METODOLOGÍA /DESCRIPCIÓN	PARÁMETROS DE USO	RESULTADOS
9	A. Al-Gheethi,N. Othman	2019	Caracterización HDP y HDP-AC. el método estándar sugerido en ASTM E1690 y un procedimiento modificado presentado por Carrier et al. (2011)	Primero fue la extracción de fibra detergente neutro (FDN), en el que no se solubilizaron hemicelulosa, celulosa y lignina después de 1 h a reflujo en una solución de detergente neutro que consiste en lauril sulfato de sodio en presencia de un termorresistente a 98 C amilasa. Los residuos fueron filtrados y lavados con agua caliente y luego se somete a secado con acetona. Un paso de calcinación a 500 C permitió determinar el contenido de cenizas	Ph Hemicelulosa Temperatura Celulosa	el compuesto de carbono activado por zeolita podría adsorber los contaminantes rápidamente y desorberlos repetidamente. Esta investigación no solo trata de manera efectiva los IHMI y OMP en el cuerpo de agua, sino que también convierte la ganga de carbón en un producto de alto valor agregado. Por lo tanto, este estudio proporciona un método fácil para sintetizar compuestos de carbono activado por zeolita a partir de residuos sólidos y material de biomasa. El compuesto de carbón activado con zeolita preparado podría seleccionarse como un candidato potencial para el tratamiento de aguas residuales (Yunus et al. 2020)
10	X. Wei,B. Lai	2021	Preparación y características de HNAC, método clásico de pirólisis de dos pasos en un horno tubular con alta pureza N2 como ambiente gaseoso, incluida la pre carbonización y activación	Un modelo NanoBook Omni de Brookhaven fue utilizado para determinar el potencial de superficie de HNAC. la radiografía espectrómetro de fotoelectrones (XPS) fabricado por Thermo Fisher Scientific (Escalab 250 Xi) se utilizó para determinar la elemental configuración en la superficie de HNAC. Utilizando rayos X Al Ka como fuente de excitación, los pasos de escanear el espectro completo y fino el espectro fue de 1 eV y 0,1 eV, respectivamente. Los datos de prueba fueron calibrados utilizando un pico de carbono estándar (C 1s ¼ 284,8 eV).	Carbono Fotoelectrones	Los resultados muestran que el carbono es un componente importante de WTR, junto con el aluminio (Tabla 2). Los efectos del alto contenido de carbono deben observarse ya que las diversas configuraciones del WTR pueden afectar sus características (Yuan et al. 2021)



Nº	AUTOR	AÑO	ÁREA	METODOLOGÍA /DESCRIPCIÓN	PARÁMETROS DE USO	RESULTADOS
13	A. Hosseini-Bandegharaei	2019	Síntesis de carbón de pluma de pollo activado de cáscara de huevo magnetizado, técnica de diseño compuesto central basado en la metodología de superficie (RSM-CCD)	técnica de diseño compuesto central basado en la metodología de superficie (RSM-CCD) donde $C_0$ (mg L <sup>-1</sup> ) es la concentración inicial de ion metálico, $C_t$ y $C_e$ (mg L <sup>-1</sup> ) son la concentración de iones metálicos en el tiempo de contacto $t$ y equilibrio, respectivamente, $w$ (g) es la masa de IOM-ESCF y $V$ (L) es el volumen de solución de metal		Los resultados revelaron que la adsorción de la mayoría de los elementos en las aguas residuales de elementos múltiples alcanzó el equilibrio en 3 horas con MAC y CAC. El pH óptimo de adsorción para MAC es de 5,83. Los MAC superan a los CAC en cuanto a tener una mayor capacidad de adsorción, que tiene una tasa de eliminación más efectiva en un rango más amplio de pH. También se observa que la eliminación de Cd, Pb, As y Cr por MAC es significativa. El presente estudio proporciona un adsorbente prospectivo y eficaz para la eliminación de múltiples metales pesados en aguas residuales industriales (Rahmani-Sani et al. 2020).
14	L.T. Popoola	2021	Preparación local de carbón activado, experimental Diseño	Experimentos de adsorción por lotes Una dosis específica del carbón activado de Se utilizaron cáscaras de Citrullus lanatus para obtener 50 mL de agua producida en 250 mL matraz. El pH de la solución se ajustó agregando gránulos de NaOH o solución de HCl. El matraz se colocó en un calentador a una velocidad de rotación constante de 160 rpm. La temperatura se ajustó mientras se detenía la reacción después de alcanzar el tiempo de reacción como se especifica en la Tabla 2. El filtrado y el residuo se separaron con papel filtro Whatman.	Carbón Cascaras PH de activado sandia	Los resultados de este estudio sugieren que el carbón activado funcionalizado con tiol preparado a partir de lodos de depuradora mezclados con carbón sería un material adsorbente prometedor para la eliminación de metales pesados de aguas contaminadas con Cu(II), Pb(II), Cd(II) y Ni(II) (Popoola et al. 2022)

Nº	AUTOR	AÑO	ÁREA	METODOLOGÍA /DESCRIPCIÓN	PARÁMETROS DE USO	RESULTADOS
15	E. Da'na	2017	Quimicos, Regeneración de carbón activado gastado	Análisis APUESTA Las áreas de superficie BET de productos frescos, gastados, regenerados químicamente y el carbón activado reciclado se midió por adsorción de N <sub>2</sub> a 77 K usando un analizador de área de superficie BET (Micromeritics ASAP 2020). Antes de análisis, las muestras se desgasificaron a 300 °C con 350 min de tiempo de retención para eliminar las impurezas de la superficie de las muestras	Carbón activado Temperatura	El resultado del análisis elemental indicó que esta biomasa tiene contenidos de carbono y azufre de 43,29% y 0,10% peso, respectivamente. Los parámetros texturales mostraron que las muestras de carbón activado obtenidas presentaron altas áreas superficiales entre 1462 y 2774 m <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> (Da'Na and Awad 2017)

Nº	AUTOR	AÑO	ÁREA	METODOLOGÍA /DESCRIPCIÓN	PARÁMETROS DE USO	RESULTADOS
16	E. Asmatulu	2020	<p>En este estudio, las materias primas utilizadas para preparar carbón activado fueron semillas de dátiles, semillas de olivo, papel de desecho y telas de algodón de desecho. El método de fabricación de briquetas se utilizó para papel y tela de algodón. La melaza fue seleccionada como aglutinante para hacer las briquetas [36]. El papel y el algodón se briquetaron para crear un accesorio sólido y recibir el beneficio completo de su mejora propiedades. Además, el manejo del transporte y sus costos serán menores para estos materiales debido al proceso de compactación</p>	<p>Tratamiento de aguas residuales por filtración Se diseñó un filtro de columna de agua usando el activado preparado carbón. La columna de agua total se dividió en cinco capas. En el parte inferior de la columna del filtro, se insertó una capa de tela de algodón limpia muy apretado para sostener las otras capas correctamente. Sobre el algodón capa, se añadió una capa de arena, seguido por el activado preparado capa de carbón con el propósito de adsorción. Otra capa de arena fue añadida encima de la capa de carbón activado. Finalmente, una tela de algodón limpia.</p>	<p>Carbón PH</p> <p>activado</p>	<p>Una investigación cuidadosa de la adsorción indicó que la adsorción estaba controlada principalmente por un patrón complejo de transferencia de carga. Además, los ímpetus de adsorción eran heterocigotos, lo que implicaba interacción electrostática, intercambio de electrones o interacción electrónica-donante-aceptor, etc. Además, la adsorción competitiva reflejó la preferencia de adsorción en la eliminación de metales pesados utilizando MPAC como adsorbentes debido a las imparidades en la afinidad de adsorción, lo que resultó en diferencias en la tolerancia de adsorción a la influencia exógena (Mustafa and Asmatulu 2020)</p>





Nº	AUTOR	AÑO	ÁREA	METODOLOGÍA /DESCRIPCIÓN	PARÁMETROS DE USO	RESULTADOS
				de metales pesados al adsorbente. La potencial zeta (Nano ZS - ZEN3600, Malvern Zeta Sizer, Reino Unido) de la melanina		
19	J. Li,S. Tabassum	2021	Estudio experimental con pajitas de arroz como fuente de carbono sólido. Estrategias operativas	Estudio experimental con Novel Mass Bio System (un producto avanzado de purificación de agua) y pajitas de arroz Una información completa sobre la preparación de MBS se puede estudiar en nuestros estudios previos (Tabassum, 2018). MBS se agregó a una velocidad de llenado de volumen de 2.5 L en el reactor como se muestra en la Fig. 2. La desnitrificación y aclimatación de las partículas MBS se realizó acortando gradualmente la TRH, controlando la TRH para que fuera constante, aumentando la concentración de NO <sub>3</sub> --N en el afluente, y NO <sub>3</sub> --N carga.	Ph Velocidad Volumen Carbón activado Purificación Pajitas de arroz	Los resultados mostraron que la concentración de NO <sub>3</sub> - -N en el sobrenadante disminuyó de 25 mg/L a 5,6 mg/L en los primeros tres días de tratamiento con lodos, mientras que la DQO disminuyó de 108 mg/L a 10 mg/L. En los tres primeros días, la desnitrificación fue mejorando gradualmente (Li and Tabassum 2021)
20	M. Turk Sekuli	2017	Preparación de muestras y análisis de inorgánicos y orgánicos. Contaminantes Los productos químicos empleados en el experimento, nitrato de plomo Pb (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> , sulfato de cadmio octahidratado 3CdSO <sub>4</sub> ·8H <sub>2</sub> O, nitrato de níquel hexahidratado Ni	Caracterización de la materia prima y del carbón activado Análisis elemental (contenido porcentual de carbono, hidrógeno, nitrógeno y azufre en granos de hilera y PPhA) fue realizado por Analizador elemental Vario EL III C, H, N, S/O (Elementar, Alemania). Los contenidos de oxígeno se calcularon en base a la diferencia	Materia prima	Los resultados preliminares indican una fuerte afinidad del medio de separación por los clorofenoles. Se calcularon parámetros termodinámicos como la energía de Gibbs, la entalpía y la entropía. Se llevó a cabo la regeneración del adsorbente saturado, con ácido fosfórico diluido producido como corriente residual, durante el

Nº	AUTOR	AÑO	ÁREA	METODOLOGÍA /DESCRIPCIÓN	PARÁMETROS DE USO	RESULTADOS
			(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O, ácido clorhídrico concentrado (HCl), hidróxido de amonio (NH <sub>4</sub> OH), todos de grado analítico y suministrado por Fisher Scientific, Biomasa lignocelulósica sin tratar.		Carbón activado	lavado del adsorbente después de la activación (Pap et al. 2017)

Nº	AUTOR	AÑO	ÁREA	METODOLOGÍA /DESCRIPCIÓN	PARÁMETROS DE USO	RESULTADOS
21	P. Aliprandini	2020	solución de trabajo del Características absorbente	<p>Procedimiento de absorción Los experimentos se llevaron a cabo en modo discontinuo. el activado El carbón se pesó en matraces Erlenmeyer de 25 mL y en un matraz de trabajo de 15 mL. Se preparó una solución de cianuro de mercurio en diferentes concentraciones. y se le añade directamente. Cada muestra se agitó a 200 rpm y 25 °C. Efecto del tiempo de contacto en la adsorción Para investigar el efecto del tiempo de contacto en el proceso de adsorción, Las muestras se analizaron a intervalos de tiempo de 10, 20, 30, 40, 60, 90, 100, 120, 150, 180, 240, 360, 540, 960, 1200 y 1440 min. Todo los demás los parámetros se mantuvieron constantes: dosificación de carbón activado de 0,03 g, volumen de solución de 15 mL, temperatura de 25 °C y agitación a 200 rpm. Los datos obtenidos para el tiempo de contacto se utilizaron para investigar los procesos de adsorción de cianuro de mercurio sobre el carbón activado, donde los modelos cinéticos de pseudo-primero y pseudo-segundo orden fueron evaluado.</p>	Tiempo	<p>La concentración de cianuro libre no afectó la adsorción de cianuro de mercurio. Los datos experimentales indicaron que la adsorción sigue una cinética de pseudo segundo orden y los resultados de equilibrio correspondieron a la isoterma de adsorción de Freundlich (Aliprandini et al. 2020)</p>

Nº	AUTOR	AÑO	ÁREA	METODOLOGÍA /DESCRIPCIÓN	PARÁMETROS DE USO	RESULTADOS
					Temperatura Carbón activado Adsorbente	
22	M.A. Budihardjo	2021	El adsorbente de carbón y turba del suelo se estudió como una alternativa adsorbente de bajo costo, El modelo isotérmico de ambos adsorbentes se ajusta a los modelos de Langmuir	Caracterización de materiales adsorbentes El contenido de humedad se determinó secando las muestras en un horno. Para cada muestra, se pesó cuidadosamente un gramo de material y se colocó en una placa de aluminio de peso conocido, luego se secó en el horno a 105 ° C durante 3 h hasta que se alcanzó un peso constante. Las muestras se enfriaron en un desecador durante 15 minutos antes de pesar.	Humedad Temperatura Carbón activado Adsorbente Volumen Peso	Los resultados indican que el punto de equilibrio para la reducción de mercurio se alcanzó después de 100 min de agitación a 500 rpm a diferentes niveles de pH. Estos resultados también sugieren que el mercurio no sufre precipitación a pH neutro o casi alcalino. El contenido de mercurio se redujo con éxito en un 81 % durante el proceso de adsorción. ((Budihardjo et al. 2021))
23	G. Wu	2020	Los tallos de maíz utilizados como materia prima en este estudio se obtuvieron de un pueblo en el noreste de China. Los tallos de maíz fueron lavados suficientemente con agua desionizada y luego secados en estufa	Se caracterizó la morfología de los carbones activados mediante microscopía electrónica de barrido (SEM, Leo 1430) y microscopía electrónica de transmisión (TEM, Tecnai G220 S-Twin). La superficie Las áreas y propiedades de porosidad de los carbones activados se estimaron mediante un analizador físico (Quantachrome AUTOSORB-1-MP) a 77 K.El área de microporos y el volumen de microporos (Vt-Plot) se derivaron del método t-plot.	Carbón activado Morfología Microporos volumen	Los resultados de la caracterización revelaron que algunos grupos funcionales en los tallos de maíz fueron eliminados por pretratamiento con solución de KOH y se generaron estructuras micro-meso porosas. Los AC mostraron un alto rendimiento de adsorción para Cr(VI), y la máxima capacidad de adsorción de los AC preparados por activación con solución de KOH al 4% alcanzó 89,5 mg g <sup>-1</sup> a una dosis de adsorbente de 2,5 g·L <sup>-1</sup> y valor de pH de 4,5 (Zhao et al. 2020)

Nº	AUTOR	AÑO	ÁREA	METODOLOGÍA /DESCRIPCIÓN	PARÁMETROS DE USO	RESULTADOS
24	Wenqiang Wang	2018	La eficiencia de eliminación de Cr(VI) se mejoró en un > 50% por el proceso, un método de cálculo que correlacionara la concentración de Cr(VI) del efluente y la dosis de PAC	Experimento de adsorción por lotes Las influencias del tiempo de contacto (0e90 min, a un pH de 4 y una dosis de PAC de 1,0 g/L), pH inicial (2,0-11,0, para un tiempo de contacto de 30 min y una dosis de PAC de 1,0 g/L), y dosis de PAC (0,2e2,2 g/L, a una pH de 3 y un tiempo de contacto de 30 min) sobre la eliminación de Cr(VI) en un se registraron el modo de operación por lotes en condiciones constantes (una velocidad del agitador de 200 rpm, una temperatura de 293 K y una concentración inicial de Cr(VI) de 50 mg/L)	Ph          Tiempo Temperatura Velocidad	La eficiencia de eliminación de Cr(VI) fue >80 % y se mejoró en un 37 % a través del proceso CTA en comparación con el proceso de adsorción de etapa única convencional cuando la concentración inicial de Cr(VI) fue de 50 mg/L con una dosis de PAC de 1.250 g /L y un pH de 3. Se desarrolló un método de cálculo para calcular la concentración de Cr(VI) efluente y la dosis de PAC para el proceso CTA, y la validez del método se confirmó con una desviación de <5% (Wang 2018)

Nº	AUTOR	AÑO	ÁREA	METODOLOGÍA /DESCRIPCIÓN	PARÁMETROS DE USO	RESULTADOS
25	D. An	2022	Papel de HA y pH en la adsorción de Cr(VI) en carbón activado en polvo investigado. Se evaluaron las interacciones entre Cr y HA. Los niveles más altos de HA promovieron la reducción de Cr(VI) a Cr(III). Formación de complejos Cr(VI)-HA y Cr(III)-HA responsables de la promoción mutua entre HA y Cr(VI) en la adsorción PAC	Experimentos de adsorción .Se llevaron a cabo experimentos de adsorción cooperativa mezclando 20 mg PAC con 50 mL de 80 mg/L de Cr(VI) y una serie de concentraciones de soluciones de HA (es decir, 5, 10 y 20 mg/L) en un matraz Erlenmeyer de 250 mL. Para Cr(VI) y experimentos de adsorción simple de HA, se agregaron 20 mg de PAC a 50 ml de Solución de 80 mg/L de Cr(VI) o 20 mg/L de HA en un matraz Erlenmeyer de 250 mL.	Volumen Adsorbente	Las concentraciones más altas de HA aumentaron la reducción de Cr(VI) a Cr(III), lo que probablemente se debió a la transferencia de electrones proporcionada por los grupos funcionales como -CO, -OH y -COOH tanto en PAC como en HA. A pH 3, el 99,1 % del Cr adsorbido en la superficie del PAC estaba en forma de Cr(III). Estos hallazgos implican que las interacciones entre Cr(VI) y HA en el proceso de tratamiento del agua by PAC proporciona beneficios adicionales y sinérgicos, lo que conduce a una mayor eliminación de cromo (Chen et al. 2022)
26	R.B. García-Reyes	2019	Todos los productos químicos primarios utilizados eran de grado reactivo analítico. El productos químicos, dicromato de potasio , ácido sulfúrico , hidróxido de sodio , ácido nítrico, ácido clorhídrico, carbonato de sodio , bicarbonato de sodio , cloruro de sodio y cloruro férrico se usaron sin purificación adicional.	tratamiento térmico .Una masa de 100 g de carbón activado comercial se colocó en un horno con el reactor rotatorio (Carbolite, HRT 11/75). la térmica proceso se llevó a cabo bajo un flujo de nitrógeno (60 cm <sup>3</sup> /min) y fue iniciada por calentamiento, desde temperatura ambiente hasta la temperatura seleccionada (800, 900 °C) a una velocidad de calentamiento de 10 ° C/min.	Carbón activado Temperatura Porosidad	Los resultados demuestran que los grupos funcionales ácidos del carbón activado tienen un efecto importante en la eliminación del cromo hexavalente. Por ejemplo, los adsorbentes oxidados obtuvieron una alta reducción de Cr(VI) a Cr(III) (50 %), mientras que los adsorbentes tratados térmicamente lograron una baja reducción (35 %), pero el carbón activado tratado con amoníaco logró la misma reducción. reducción más baja (20%). (Valentín-Reyes et al. 2019)
27	G. Wang	2021	Microscopía electrónica de barrido de emisión de campo (FE-SEM) (S4800, Hitachi, Japón) y microscopía electrónica de transmisión de alta resolución (HR-TEM) acoplado a un espectrómetro	Experimentos por lotes Se realizaron experimentos por lotes para evaluar la eliminación de Cr(VI) eficiencia de FeS-GAC y sus posibles factores de influencia, incluido Cr (VI) concentraciones iniciales, temperatura de reacción y valores de	Cromo (VI) Temperatura Ph	adsorción de Cr(VI) sobre la superficie sólida, reacción con FeS, precipitación de hidróxidos de Cr(III)/Fe(III), formación de complejos de Cr(VI) con Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> y (ii) reacción homogénea de Cr(VI) y Fe(II)/S(-II). Los resultados de este estudio demuestran que el GAC

Nº	AUTOR	AÑO	ÁREA	METODOLOGÍA /DESCRIPCIÓN	PARÁMETROS DE USO	RESULTADOS
				de rayos X de Dispersión de Energía (Tecnai G2 F20, FEI, EE. UU.) para la caracterización de la morfología superficial de FeS-GAC, el método de equilibrio por lotes, este método se detalló en el Texto S2 del SI.	pH. otro conjunto Se ha llevado a cabo un experimento por lotes con una solución de 1,10-fenantrolina para estimar el efecto del hierro ferroso.	sulfurado exhibe una capacidad efectiva y prometedora para el tratamiento de agua contaminada con Cr(VI). (Huang et al. 2021)
28	S. Subbiah,S. Narayanasamy	2020	Síntesis de solución de Cr(VI) Síntesis de solución de Cr(VI), Preparación de carbón activado con cloruro de zinc Phanera vahlii La biomasa de frutos de Phanera vahlii (PVF) se recolectó de Morni Hills, Panchkula, Haryana, India. Los frutos se limpiaron minuciosamente con agua bidestilada seguido de secado a 363 K durante 20 h. Las frutas eran triturado con un molino y tamizado para obtener partículas de tamaño < 300 µm	Preparación de carbón activado con cloruro de zinc Phanera vahlii La biomasa de frutos de Phanera vahlii (PVF) se recolectó de Morni Hills, Panchkula, Haryana, India. Los frutos se limpiaron minuciosamente con agua bidestilada seguido de secado a 363 K durante 20 h. Las frutas eran triturado con un molino y tamizado para obtener partículas de tamaño < 300 µm. Caracterización del biosorbente. PVZCAC se caracterizó por difracción de dispersión de luz (DLS) análisis, análisis de difracción de rayos X (XRD), análisis de transmisión de electrones Microscopía (TEM), Potencial Zeta y coexistencia de cationes y aniones.	Carbón activado Temperatura Aniones Cationes Biomasa Tamaño Iones Adsorbentes	Se descubrió que los modelos de adsorción en columna continua a saber. Thomas y Yoon-Nelson se ajustaron mejor a los datos experimentales en comparación con Adams-Bohart y Bed Depth Service time (BDST). En conclusión, se descubrió que el cloruro de zinc activaba Phanera vahliiLa biomasa de frutos es un adsorbente prometedor para la adsorción de cromo hexavalente en modo continuo (Ajmani et al. 2020)
29	M.S. Maubane-Nkadimeng	2021	Caracterización de los OCNOs, Remediación dependiendo del pH	Preparación de adsorbente Los CNO se sintetizaron mediante el método de pirólisis a la llama que fue adaptado de (Mongwe et al., 2018). Se mojaba una mecha en aceite de oliva y se encendido para dar fuego, y el	Ph	como resultado, produce materiales de carbono relativamente libres de impurezas (Choucair y Stride, 2012). Se informó que la técnica de pirólisis produjo CNO en cantidades de escala de gramos. La ventaja de este método

Nº	AUTOR	AÑO	ÁREA	METODOLOGÍA /DESCRIPCIÓN	PARÁMETROS DE USO	RESULTADOS
				adsorbente (CNOs) se recogió en un latón placa que se colocó a 3 cm de la parte superior de la mecha.	Porosidad Tamaño Adsorbente Tiempo	es que no se utiliza catalizador y, como resultado, produce materiales de carbono relativamente libres de impurezas (Choucair y Stride, 2012). Se informó que la técnica de pirólisis produjo CNO en cantidades de escala de gramos. La ventaja de este método es que no se utiliza catalizador y, como resultado, produce materiales de carbono relativamente libres de impurezas. (Ntuli et al. 2021)
30	Enniya	2018	Preparación de un carbón activado eficaz a partir de cáscaras de manzana. Cáscaras de manzana El carbón activado se utilizó para eliminar el Cr(VI) de la solución acuosa. Alta capacidad de adsorción (36,01 mg/g) en comparación con otros bioadsorbentes y con un carbón activado comercial. Preparación de adsorbente El carbón activado de cáscara de manzana se preparó de acuerdo con el siguiente procedimiento. Se compraron manzanas (Golden Delicious) del mercado local Se pelaron y las cáscaras libres de pulpa se secado a 60 °C durante 24 h.	Cáscaras de manzana El carbón activado se utilizó para eliminar el Cr(VI) de la solución acuosa. Alta capacidad de adsorción (36,01 mg/g) en comparación con otros bioadsorbentes y con un carbón activado comercial. Preparación de adsorbente El carbón activado de cáscara de manzana se preparó de acuerdo con el siguiente procedimiento. Se compraron manzanas (Golden Delicious) del mercado local Se pelaron y las cáscaras libres de pulpa se secado a 60 °C durante 24 h.	Carbón activado Adsorbente Cascara de manzana Ph Tiempo Volumen.	Los datos experimentales se ajustaron bien a la isoterma de Freundlich ( $R_2 = 0.99$ ) y la cinética siguió el modelo de pseudo segundo orden. Los parámetros termodinámicos, $\Delta G < 0$ , $\Delta H^\circ = 1,99$ (Kcal/mol) y $\Delta S^\circ = 0,0079$ (Kcal/K mol) indican que el proceso de adsorción es espontáneo y endotérmico. (Enniya, Rghioui and Jourani 2018)

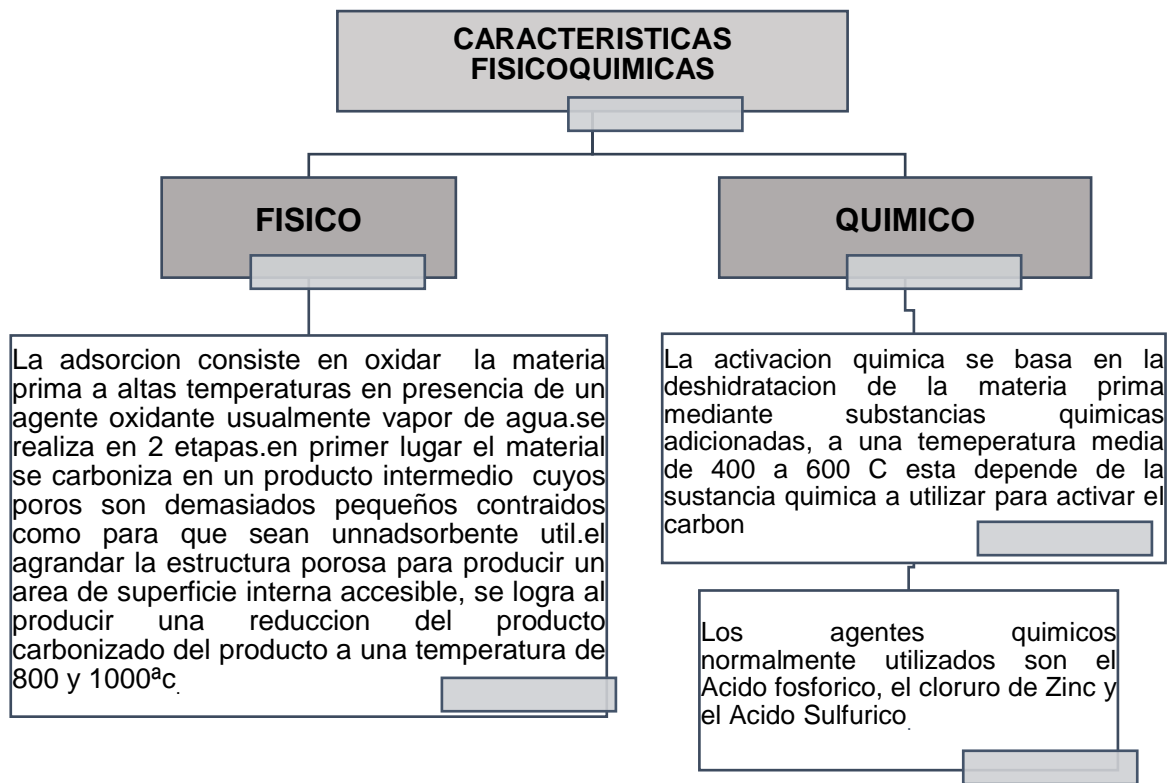


De acuerdo a las teorías relacionadas al trabajo de investigación, se toma en cuenta las siguientes definiciones: El término “carbón activado” se refiere a carbones muy porosos producidos a partir de materiales ricos en carbono, mediante diversas formas de activación química o física (Rouquerol, Rouquerol y Sing 1999). La obtención de carbones activados a partir de material lignocelulósico es ampliamente usada en la industria química debido al bajo costo y a la abundancia de este tipo de materiales en la naturaleza. Además, este tipo de precursores es muy importante porque permite la obtención de carbones activados con porosidad variada dependiendo de las condiciones de preparación, como temperatura y tiempo de activación (Vargas, Giraldo y Moreno 2008). En la tabla 2, se mostrarán 6 características específicas del carbón activado y sus usos.

**Tabla 2**  
*Características y propiedades del carbón activado*

Propiedades del carbón activado	Porosidad del carbon activado	Precusores para la obtención del carbón activado	Aplicaciones	Aplicaciones Ambientales
<p>Este material cuenta con una elevada área superficial, alta porosidad, un buen volumen y diámetro de poros; estas características le brindan excelentes propiedades físicas</p>	<p>El CA puede presentar áreas superficiales de 500 – 1500 m<sup>2</sup>g<sup>-1</sup> y tener un diámetro de poro característico, pudiéndose clasificar a los poros en macroporo (dp&gt;50nm), mesoporo (2nm&gt; dp)</p>	<p>Como precusores podemos encontrar a la antracita, lignito, turba, huella bituminosa, los carbones grasos, el hueso, los residuos agroindustriales (Solís et al. 2012), como lo son el bagazo de caña de azúcar (Rodríguez et al. 2019) y los precusores de tipo lignocelulósicos (Rodríguez, Marsh y Heintz 2020), que han sido muy utilizados, como lo son la cáscara de nuez, almendra y coco, y otros materiales orgánicos con un alto porcentaje de carbono. Las características que dependen directamente del precursor son la rugosidad, el área superficial, el tamaño de poro, la densidad y la dureza (Piai et al. 2019).</p>	<p>Tiene una amplia gama de aplicaciones donde estos se han aplicado en biomedicina, los tratamientos de aguas y eliminación de contaminantes en soluciones acuosas, separación y purificación en fases gaseosas, almacenamiento de energía y uso en baterías, almacenamiento de calor, supe condensadores, productos farmacéuticos y de cuidado personal (Üner y Bayrak 2018).</p>	<p>Sus aplicaciones en usos ambientales abarcan desde las soluciones acuosas hasta las gaseosas, teniendo en este rubro mucha importancia en la adsorción que contaminantes en el agua gracias a sus propiedades superficiales tanto físicas (porosidad y área superficial) como químicas (grupos superficiales) las cuales favorecen la adsorción de contaminantes (Alahabadi et al. 2021).</p>
<p>Estas propiedades fisicoquímicas del carbón activado son las que proporcionan la capacidad de adsorción del material, las propiedades físicas le infieren una gran capacidad de retención y una buena difusión de moléculas al interior del CA; mientras que las químicas le proporciona una gran afinidad hacia las moléculas debido a sus grupos funcionales situados en su superficie (Dilokekunakul et al. 2020).</p>				

**Figura 1**  
*Características fisicoquímicas del carbón activado*



*Nota. Fuente UNSAAC – Escuela profesional de Ing, Metalúrgica - Carbón Activado*

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1 Tipo y diseño de investigación**

El tipo de investigación fue de tipo básica o pura, la cual fue aplicada en trabajos desarrollados para obtener un contexto teórico para incrementar conocimientos y desarrollar (Nel, 2019) y determinar mediante el conocimiento científico. En la presente investigación se buscaba desarrollar conocimiento acerca de la identificación de los carbones activados más eficientes en la remoción de cromo (VI), de la evaluación de su capacidad de absorción y por último se ha realizado un análisis de las características fisicoquímicas.

Por otro, el diseño de la investigación fue no experimental de corte transversal. Según Hernández-Sampieri & Mendoza (2018) el cual el enfoque fue cualitativo mediante el enfoque de diversa recopilación de datos infiere que en este tipo de investigación no se manipulan deliberadamente variables, en los cuales solo se observan los fenómenos en su ambiente natural para luego ser analizados. Asimismo, se le categoriza al tipo de investigación como de corte transversal, ya que se recolectan datos en un único momento y su propósito fue de describir variables y su incidencia de interrelación en un momento dado.

#### **3.2 Categorías, subcategorías y matriz de categorización**

La tabla 3 muestra a la matriz apriorista, cuyo contenido menciona los objetivos específicos, problemas específicos, categorías y subcategorías. Dentro de las subcategorías se abordará temas como conocer la estructura y propiedades de los carbones activados, la capacidad de absorción, conocer los tamaños de las partículas físico-químicas, por último, saber cómo estos llegan a regenerarse.

**Tabla 3***Matriz de Apriorística*

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	PROBLEMAS ESPECÍFICOS	CATEGORÍAS	SUBCATEGORÍAS	CRITERIOS
Identificar los carbones activados más eficientes en la remoción de cromo (VI) en aguas de curtiembre	¿Cuáles son los carbones activados más eficaces en la remoción de cromo (VI) en aguas de curtiembre?	Tipo de carbón orgánico	Capacidad de absorción	1. Fiabilidad de las fuentes de información 2. Métodos y tipos de investigación 3. Características del proceso de estudio 4. Evaluación de los datos cuantitativos 5. Interpretación de los resultados evaluados
Evaluar la capacidad de absorción de los carbones activados en la remoción de cromo (VI) en aguas de curtiembre	¿Cuáles son los carbones activados con mayor capacidad de absorción en la remoción de cromo (VI) en aguas de curtiembre?		Estructura y propiedades	
Identificar la estructura y propiedades de los carbones activados en la remoción de cromo (VI) en aguas de curtiembre	¿Cuáles son los tipos de estructura y propiedades de los carbones activados en la remoción de cromo (VI) en aguas de curtiembre?			
Analizar las características fisicoquímicas de los carbones activados en las aguas de curtiembre	¿Cuáles son las características fisicoquímicas de los carbones activados en aguas de curtiembre?	Físicas - Químicas	Tamaño de partícula	
			Regeneración	

Nota: Elaboración propia

### **3.3. Escenario de estudio**

La presente investigación de sistemas del estudio del método de aplicación del carbón activado en la remoción del cromo en aguas de curtiembre se desarrollará bajo un escenario de estudio de manera virtual, ya que se tendrá que utilizar la revisión sistemática de artículos científicos y de libros tanto virtuales como físicos. Se define como el contexto, zona o ambiente, en el cual se lleva a cabo el estudio o investigación es el lugar donde ocurre los hechos (Sánchez, Reyes y Mejía 2018)

### **3.4. Participantes**

Para la siguiente investigación, se ha realizado la búsqueda de información en las siguientes revistas electrónicas: ScienceDirect, Science of The Total Environment, Environmental Pollution, Water Research, Chemosphere, Journal of Environmental Management, Journal of Cleaner Production, Bioresource Technology, South African Journal of Chemical Engineering, Journal of Water Process Engineering, Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management, Sustainable Chemistry and Pharmacy.

Los repositorios digitales donde se ha buscado la información son los siguientes: scielo ,sciencedirect, scopus.

### **3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

La técnica fue un conjunto de herramientas y sistemas de administrar la recolección de información, el cual analiza la investigación de manera óptima para conseguir los datos requeridos, que cuenten útiles para poder manejar instrumentos que ayuden y aporten a la investigación en el caso de la metodología (Sánchez, Reyes y Mejía 2018, pág. 120)

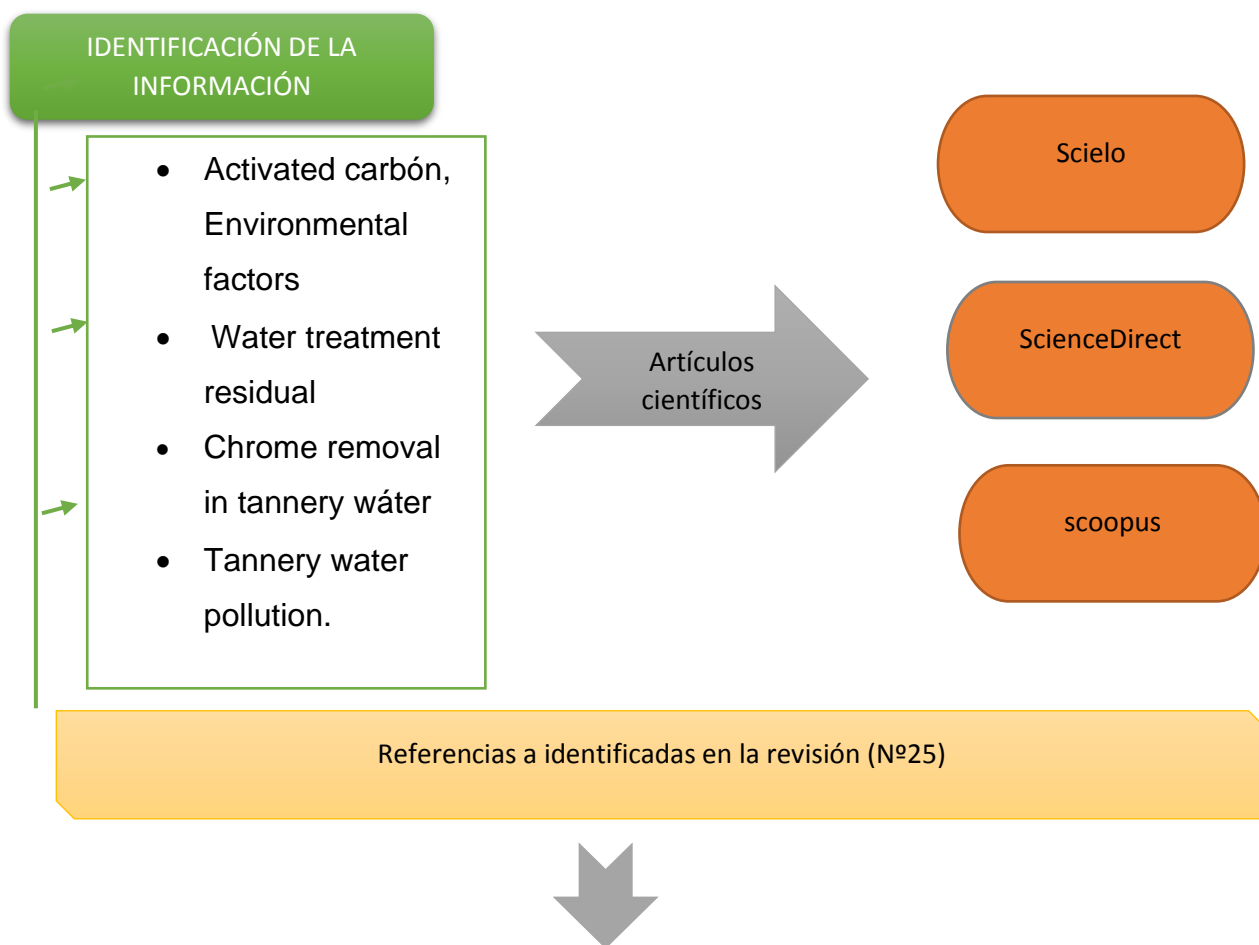
La técnica de recolección de datos que varían de acuerdo a la investigación cualitativa que se basan en biografías, estudio de archivos, análisis de documentos, etc.

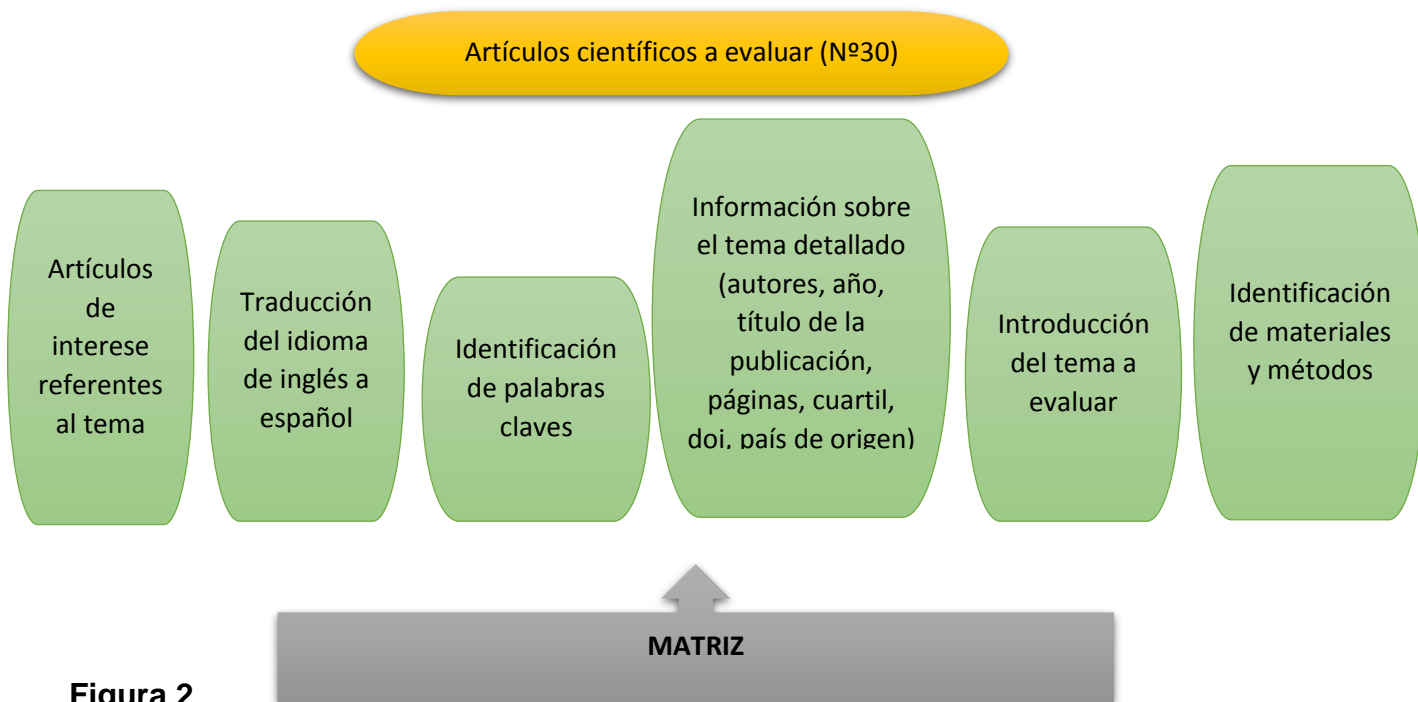
En esta investigación, se utilizó las técnicas de recolección de información y datos, el análisis de cada una de ellas, en el cual buscamos representar y detallar los distintos documentos científicos en que se realizó de forma sistemática para poder analizar cada información. El cual tiene como contenido un proceso analítico que incluye la revisión bibliográfica, la traducción, clasificación y selección, elaboración de reseñas informativas entre otros aspectos a evaluar (Dulzaides y Molina, 2004, párr. 11) en este aspecto se analizó cada una de las metodologías

de los diferentes autores relacionados al tema a estudiar, el cual se basa en identificar, seleccionar, evaluar los estudios correspondidos al tema a estudiar. En este caso la información no fue brindada directamente de por los autores, en este caso se realizó y se obtuvo mediante las publicaciones en páginas científicas en el cual se recopiló la información compartida.

Se muestra la ficha de recolección de datos, captando así, toda la información relevante para la formación de este proyecto de investigación. La ficha está compuesta por: título de la investigación, nombre de la revista, año de la publicación, lugar donde fue publicado, el tipo de investigación, el código URL o DOI del artículo, el nombre del autor(es), las palabras claves usadas, la diversa obtención del carbón activado de forma orgánica y sus interacciones para el tratamiento de aguas de curtiembre, las técnicas y metodología que utilizan para la remoción de cromo encontrada en aguas industriales como son aguas de curtiembre.

### 3.6. Procedimiento





**Figura 2**  
*Procesamiento de la investigación*

El procedimiento para la búsqueda de los artículos científicos se ha realizado de la siguiente manera en las cuales se utilizaron palabras claves como Activated carbón, Environmental factors, Water treatment residual, chrome removal in tannery wáter, tannery water pollution, entre otras. Se revisaron los artículos en las revistas científicas en línea y de accesibilidad, se recopiló la información por el tema que se va estudiar y evaluar ,posteriormente se hizo una selección mediante diferentes aspectos a identificar empezando por la traducción, selección de palabras claves, desarrollo y sintetización de la información como autores, año, título de la publicación, páginas, cuartil, doi, país de origen; seguidamente se analizó cada uno de los artículos y se extrajo la introducción y seguidamente materiales y métodos el cual se resumió en una matriz Excel para la sinterización de la información.

Todos los artículos utilizados en la investigación tienen una vigencia de 5 años, se tomaron a partir del mes de julio del 2017 hasta artículos aprobados recientemente en lo que va del año 2022. En efecto, por tema de exclusión no se permitirá el uso de aquellos artículos que no cuente con el DOI o la indexación correspondiente, así mismo se excluirá aquellos artículos que lleven una vigencia mayor a 5 años.



### **3.7. Rigor científico**

La investigación garantizará que será un estudio autentico y verdadero, cuya dependencia de información se sustentará bajo la respectiva cita del autor del artículo científico, así mismo la investigación mostrará credibilidad al usar base de datos de investigaciones similares, la que más se utilizará corresponde a la base de datos de SpringerLink, quien por la confianza de proporción de artículos acreditados se buscará obtener resultados confiables.

La dependencia: Es también conocida como consistencia lógica el cual los investigadores recolectan datos similares en el que se desarrolla análisis general y resultados equivalentes (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018) Los que se basa en una investigación sistematizada.

La credibilidad: se basa en la confianza según Carbajal et al., (2019) en el cual corresponde a la calidad y hallazgos de la información obtenida en el cual se suministra las categorías analíticas que se entiende mediante un desarrollo de un proceso de la investigación, por lo tanto, se logra cuando el investigador a través de las observaciones prolongados, en otro aspecto la confianza se refiere a los resultados de la investigación verdadera.

La autenticidad: se dirige exactamente a las respuestas y a la realidad de la investigación el cual entre ambos elementos determina los criterios y la calidad de la investigación (Creswell, 2007).

La transferibilidad: se basa en la decepción detallada del contenido. son los resultados que derivan de la investigación cualitativa en este contexto lo ejecuta la investigación y los participantes por lo tanto se relaciona con los estudios analizados (Noreña et al. 2012)

### **3.8. Método de análisis de información**

Para analizar la información recolectada se pretenderá desarrollar la búsqueda de los términos descritos en la matriz de categorización apriorística, en este apartado se hará la búsqueda de interés de las categorías y subcategorías determinadas. Para ello se fijaron las palabras claves iniciales antes de la búsqueda, los cuales son: tipos de carbón orgánico, características físicas-químicas, capacidad de absorción de los carbones orgánicos, estructura y propiedades, tamaños de partículas y tiempo de regeneración. Se realizará una búsqueda ordenada

sistematizada que permita contemplar comparaciones entre investigaciones pasadas, permitiendo obtener así resultados que demuestren el óptimo carbón activado a ser utilizado para la reducción del contaminante cromo.

### **3.9. Aspectos éticos**

El trabajo de investigación siguió los aspectos éticos basados en la autonomía de los autores, donde en base al compromiso propuesto se busca llegar a los objetivos planteados afín de poder dar soluciones al problema existente. En efecto, la investigación será respaldada en todo momento a través de los artículos científicos mencionados anteriormente, debido a que estos presentan un alto valor de confiabilidad de uso de bases de datos, por lo cual se deberá respetar la idea presentado por el autor mediante el citado correcto. Asimismo, se trabajará en base al manual ISO 690 emitida por la Universidad Cesar Vallejo.

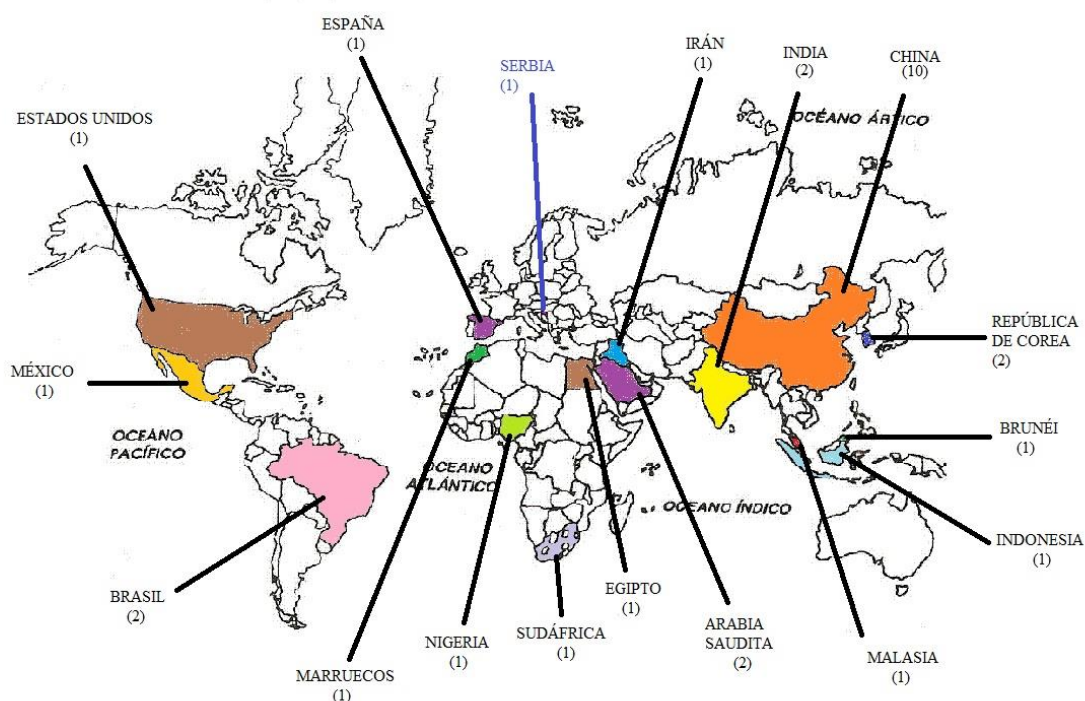
#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En un inicio se encontraron 105 artículos relacionados con el tema de investigación, sin embargo, en el transcurso del estudio, dicho número fue disminuyendo, ya que muchos de ellos no contaban con la relevancia necesaria, así mismo se aplicó los criterios de inclusión (que se encuentren entre los años de 2017 al 2022, contar con la experimentación) así como los criterios de exclusión (artículos de años pasados, difieren con el tema, no contar con la metodología necesaria), por lo que el trabajo finalmente obtuvo 30 artículos con un tema en común.

Asimismo, los estudios fueron realizados en 17 países, las cuales se exponen en la siguiente figura 1, por medio de mapamundi, especificando las ubicaciones.

**Figura 3**

*Países en los que se desarrollaron las investigaciones*



*Nota.* Elaboración propia.

Como se puede apreciar, existen 10 publicaciones que realizaron en el país de China, seguido de los países de República de Corea, India, Arabia Saudita y Brasil, en los que se realizaron 2 estudios en cada uno de ellos, así mismo los otros fueron realizados en España, Marruecos, Serbia, Irán, Brunéi, Indonesia, Malasia, Sudáfrica, Nigeria, México, Egipto y Malasia.

**Tabla 4**  
*Año de Publicación*

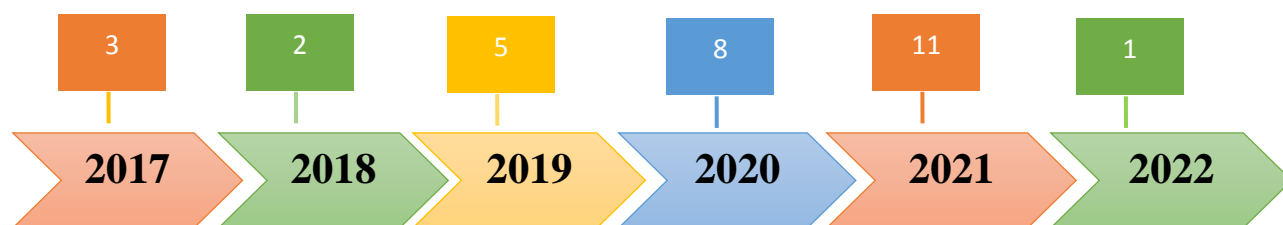
Año	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
2017	3	10%	10%
2018	2	7%	17%
2019	5	17%	33%
2020	8	27%	60%
2021	11	37%	97%
2022	1	3%	100%
Total	30	100%	

*Nota.* Elaboración propia.

En la tabla 4, se muestra una tabla de frecuencias según el año de publicación de los 30 papers, de los cuales el 10% pertenece al año 2017, el 7% al año 2018, el 17% al año 2019, el 27% al año 2020, el 37% al año 2021 y el 3 % al año 2022.

Adicional a ello, en los últimos años se ha efectuado dichas investigaciones acerca de la aplicación del carbón activado en la remoción de cromo en aguas de curtiembre. Los cuales se muestran a continuación en la figura 2.

**Figura 4**  
*Línea de tiempo de las investigaciones*



*Nota.* Elaboración propia.

De acuerdo a la figura 2, a partir del año 2017, hasta la actualidad, se han efectuado un total de 30 artículos, los cuales guardan estrecha relación con el tema de investigación, así mismo cumplen con los criterios de inclusión del presente estudio. El año en que se realizaron más estudios fue en el 2021, seguido del año 2020, en el que se hicieron 8 estudios, mientras que, en el año 2019, las investigaciones realizadas fueron un total de 5, en el año 2017 se efectuaron 3 estudios, así como en el año 2018, se generaron 2 investigaciones, y para finalizar en el año 2022 hasta el momento solo se realizó un estudio relacionado con el tema.

En los 30 artículos obtenidos no se utilizó únicamente un tipo de carbón, es por ello que en la tabla siguiente se muestra a los autores y el tipo de carbón utilizado.

**Tabla 5**  
*Tipo de Carbón Activado*

	<b>Autor</b>	<b>Tipo de Carbón</b>	<b>Parámetros de uso</b>
1º	W.M. Ibrahim (2019)	Carbón activado Ulva Lactuca (Alga Verde)	PH, Carbón activado de alga verde, Temperatura
2º	Zhang et al. (2021)	Carbón activado a base de compostaje de estiércol de pollo	PH, Materia orgánica temperatura
3º	Li et al. (2017)	Carbón activado funcionalizado tiora a partir de lodos de aguas residuales	PH, Temperatura
4º	Rueda et al. (2021)	Procesos catalíticos basados en carbón activado granular	Porosidad, volumen
5º	Lee et al. (2020)	Carbón activado en polvo como adsorbentes multifuncionales	PH
6º	Shahrokhi et al. (2020)	Carbón activado derivado de neumáticos	Ph, Temperatura
7º	Wang et al. (2021)	Carbón activado óxido de grafeno	Ph, Temperatura
8º	Quéiroz et al. (2020)	Carbón activado obtenido de relaves de biomasa amazónica (semilla de acai)	Ph, Temperatura
9º	Murni et al. (2019)	Carbón activado de cáscara de mielada: una microestructura y un análisis tecno-económico	Ph, Hemicelulosa Temperatura, Celulosa
10º	Yuan et al. (2021)	Carbón activado con alto contenido de nitrógeno derivado del cuero	Carbono, Fotelectrones
11º	Zeng et al. (2021)	Carbón activado por zeolita porosa jerárquica preparado a partir de gangue de carbón y bambú	Ph, Iones
12º	Lin et al. (2019)	Nuevos carbones activados multiporos derivados de crassipes reciclables de raíz larga de Eichhornia	Porosidad, Tamaño
13º	Hosseini et al. (2019)	Carbón activado magnetizado para la sorción de iones de metales pesados; en base a plumas de pollo y cáscara de huevo	
14º	Popoola et al. (2021)	Carbón en base a la cáscara de Citrullus lanatus: caracterización y optimización (Semillas de Sandía)	Carbón activado, Cáscaras de sandía, PH
15º	Da`na y Awatif (2017)	Regeneración del carbón activado gastado obtenido del sistema de filtración domiciliario y aplicación para la adsorción de metales pesados	Temperatura

16°	Mustafa Asmatulu (2020)	y	Carbón activado utilizando residuos de frutas, papel y ropa para el tratamiento de aguas residuales	PH
17°	Thotagamuge al. (2021)	et	Carbón de bambú activado modificado con cobre	Adsorbato, Volumen
18°	Manirethan Balakrishnan (2020)	y	Carbón activado impregnado de melanina biosintetizado	Adsorbato
19°	Li y Tabassum (2021)		Fuentes sólidas de carbono orgánico combinado del nuevo Mass Bio System	Ph, Velocidad, Volumen Carbón activado Purificación, Pajitas de arroz
20°	Turk et al. (2017)		Carbón activado verde utilizando de residuos de la industria de procesamiento de frutas.	Materia prima
21°	Aliprandini et al. (2020)	et al.	Carbón activado granular	Tiempo Temperatura Adsorbente
22°	Budihardjo et al. (2021)	et al.	Carbón activado modificado de suelo de turba y carbón en lixiviados de vertedero simulados	Humedad, Temperatura ,Adsorbente ,Volumen ,Peso
23°	Wu et al. (2020)		Carbón activado a base de tallo de maíz	Morfología Microporos volumen
24°	Wang (2017)		Carbón activado en polvo para eliminar el cromo (VI.) de soluciones acuosas a través de la adsorción de dos etapas a contracorriente del mismo	Ph, Tiempo, Temperatura Velocidad
25°	D`An et al. (2021)		Carbón activado a base a carbón activado en polvo (PAC).	pH, Volumen Adsorbente
26°	García et al. (2019)	et al.	Carbones activados modificados para la adsorción cromo hexavalente a partir de soluciones acuosas.	Temperatura, Porosidad
27°	yuang et al. (2021)		Carbón activado granular sulfurado para la reducción del cromo hexavalente en solución acuosa.	Cromo (VI) Temperatura, Ph
28°	Narayanasamy et al. (2020)	et al.	Carbón activado de cloruro de zinc sintetizado a partir de biomasa de fruta Phanera vahlii (legumbre leñosa)	Temperatura, Aniones Cationes, Biomasa, Tamaño Iones
29°	Ntuli et al. (2021)		Utilizando nanocebollas de carbono derivadas del aceite de oliva	Ph, Porosidad Tamaño Adsorbente Tiempo
30°	Enniya et al. (2018)	et al.	Carbón activado preparado a partir de cáscaras de manzana	Adsorbente Cascara de manzana, Ph

Nota. Elaboración propia.

**Tabla 4**

*Capacidad de Absorción*

Nº	Autor	Capacidad de absorción			
		PH	Tiempo	Dosis	Temperatura
1	W.M. Ibrahim (2019)	5	60 min	0,8 g/L	600 ° C
2	Zhang et al. (2021)				45 °c
3	Li et al. (2017)	5			500 °c
4	Rueda et al. (2021)	3			346 °c
5	Lee et al. (2020)				500 °c
6	Shahrokhi et al. (2020)	5			
7	Wang et al. (2021)	5	180 min		32 °c
8	Quéiroz et al. (2020)		60 min		600 °C
9	Murni et al. (2019)				475 °C
10	Yuan et al. (2021)	4	600 min		
11	Zeng et al. (2021)				
12	Lin et al. (2019)	6	150 min		30 °c
13	Hosseini et al. (2019)	5.5	60 min		24.85 °c
14	Popoola et al. (2021)	8	60 min	2g/ml	50 °C
15	Da`na y Awatif (2017)	5.5	60 min		19.85 °c
16	Mustafa y Asmatulu (2020)				
17	Thotagamuge et al. (2021) Manirethan y	5.83	180 min	0.1 g	
18	Balakrishnan (2020)	3	90 min	5 mg/L	55°c
19	Li y Tabassum (2021)	7			25°c
20	Turk et al. (2017)	6	50 min	125 mg/L	22 °c
21	Aliprandini et al. (2020)	12	180 min	1 mg/L	25 C°
22	Budihardjo et al. (2021)		100 min	114mg/L	
23	Wu et al. (2020)	4.5			25 C
24	Wang (2017)	3	30 min		20 °c
25	D An et al. (2021)	3		77,3 mg/L	
26	García et al. (2019)	6		100 mg/L	25°c
27	Huang et al. (2021)	7.5	360 min		25 °c
28	Narayanasamy et al. (2020)	4			25°c
29	Ntuli et al. (2021)	2	720 min	10 mg/L	25°c
30	Enniya et al. (2018)	2	240 min	0,05 g/50 mL	28°c

De los 30 artículos analizados se observa los datos de capacidad de absorción del carbón activado mediante los parámetros de Ph óptimo, tiempo de absorción, dosis y temperatura. De los cuales se analiza por cada parámetro.

**Tabla 6**

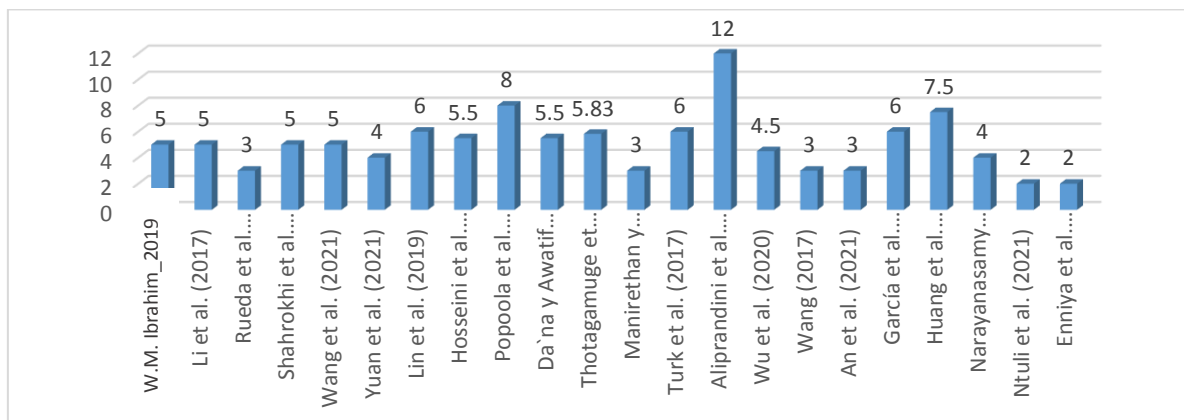
*Ph óptimo de la capacidad de absorción*

Ph	Frecuencia	%	% acumulado	Autor
2	2	9%	9%	Ntuli et al. (2021) Enniya et al. (2017)
3	4	18%	27%	Rueda et al. (2021) Manirethan y Balakrishnan (2020) Wang (2017) An et al. (2021)
<4; 5>	3	14%	41%	Yuan et al. (2021) Wu et al. (2020) Narayanasamy et al. (2020)
[5; 6>	7	32%	73%	W.M. Ibrahim_2019 Li et al. (2017) Shahrokhi et al. (2020) Wang et al. (2021) Hosseini et al. (2019) Da`na y Awatif (2017) Thotagamuge et al. (2021)
[6; 7]	4	18%	91%	Lin et al. (2019) Turk et al. (2017) García et al. (2019) Narayanasamy et al. (2020)
8	1	5%	95%	Popoola et al. (2021)
12	1	5%	100%	Aliprandini et al. (2020)
Total	22	100%		

Nota: Elaboración propia



**Figura 5**  
*PH óptimo de la capacidad de absorción*



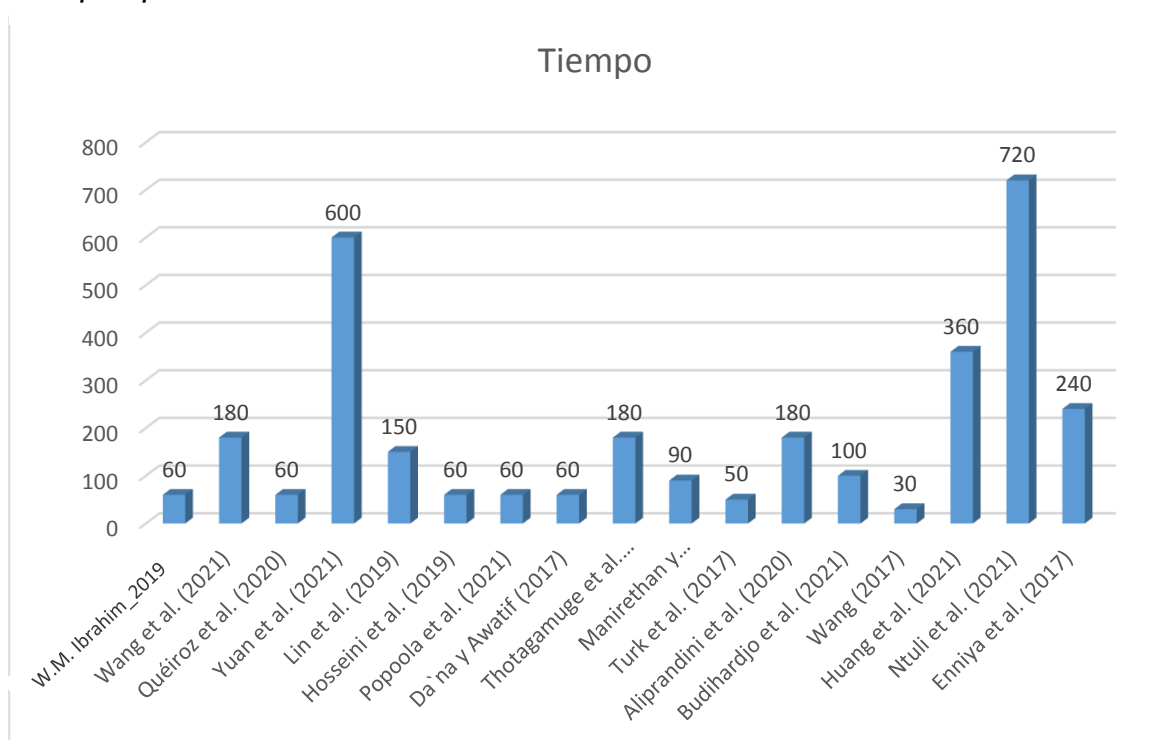
**Interpretación y análisis:**

Del total de 22 artículos se puede observar que en la tabla 5 se evidencia que dos estudios coincidieron con encontrar el valor del Ph óptimo, siendo este valor de 2. Los autores de estos estudios son: Ntuli et al. (2021) y Enniya et al. (2017). En cambio, en las investigaciones por Rueda et al. (2021), Manirethan y Balakrishnan (2020), Wang (2017) y An et al. (2021) se obtuvo que el valor del PH óptimo para la remoción del cromo (VI) fue de 3, por otra parte, Yuan et al. (2021), Wu et al. (2020) y Narayanasamy et al. (2020) concluyeron que el valor óptimo para la remoción del Cromo (VI) aplicando tipos de carbón activado se encontraba en un rango de 4-5. Ya 7 investigaciones donde, Wael et al. (2016), Li et al. (2017), Shahrokhi et al. (2020), Wang et al. (2021), Hosseini et al. (2019), Da`na y Awatif (2017) y Thotagamuge et al. (2021) obtuvieron que el valor óptimo del Ph se encontró dentro del rango 5-6, representando esta porción al 32% del total de los artículos. Por otro lado, Lin et al. (2019), Turk et al. (2017), García et al. (2019) y Narayanasamy et al. (2020) encontraron que el rango del valor del PH óptimo fue de 6-7. En cambio, solo una investigación, Popoola et al. (2021) determinó el Ph óptimo igual a 8, y como último estudio se tienen a Aliprandini et al. (2020), quienes encontraron el valor óptimo del Ph igual a 12.

**Tabla 7**  
*Tiempo óptimo de absorción del contaminante*

Minutos	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
30	1	5.9	5.9
50	1	5.9	11.8
60	5	29.4	41.2
90	1	5.9	47.1
100	1	5.9	52.9
150	1	5.9	58.8
180	3	17.6	76.5
240	1	5.9	82.4
360	1	5.9	88.2
600	1	5.9	94.1
720	1	5.9	100.0
Total	17	100.0	

**Figura 6**  
*Tiempo óptimo de absorción del contaminante*



**Interpretación y análisis:**

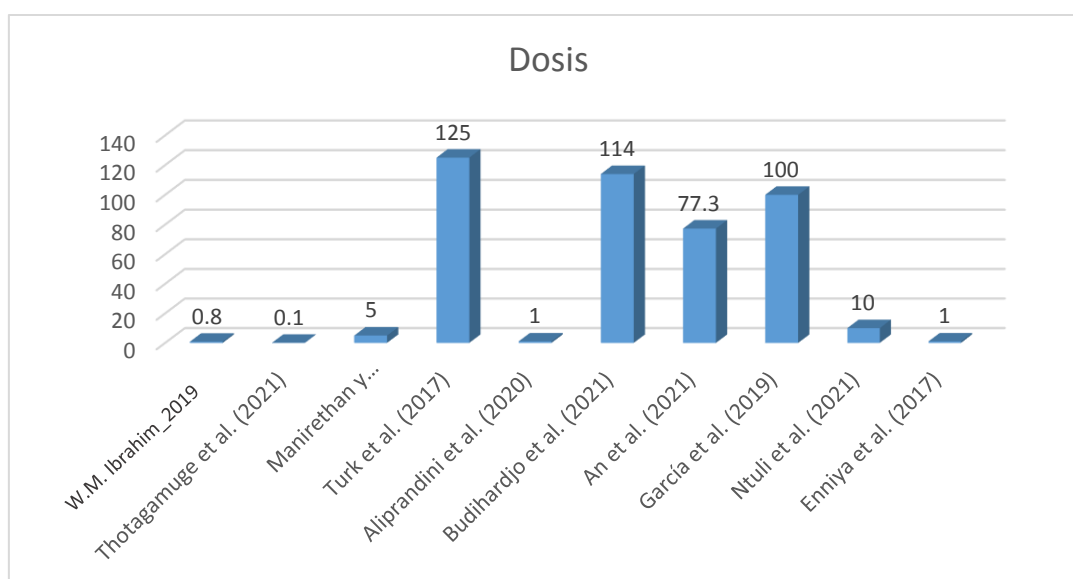
En referencia al análisis de los artículos se observó que el tiempo óptimo de la absorción del contaminante Cromo(VI) varía de acuerdo a cada investigación, sin embargo, de la lista que se menciona en la tabla XX se obtuvo que 5 investigaciones

evidenciaron que el tiempo óptimo de absorción fue igual a 60 minutos, puesto que su porcentaje fue igual al 29.4% del porcentaje total, considerándose como el más alto de todo los 17 artículos, por otro lado, se tiene también otro tiempo óptimo dentro de 3 artículos, el cual concluye que tal valor fue de 180 minutos, resultando ser el segundo más alto de todos los artículos mencionados con un porcentaje de 17.6%. Finalmente, los otros 9 artículos muestran temperaturas optimas diferentes del total de las investigaciones.

**Tabla 8**  
*Dosis optima*

n <sup>a</sup>	Autor	Dosis (mg/L)
1	1. W.M. Ibrahim_2019	0.8
2	Thotagamuge et al. (2021)	0.1
3	Manirethan	5
20	Balakrishnan (2020)	125
21	Turk et al. (2017)	1
22	Aliprandini et al. (2020)	114
25	Budihardjo et al. (2021)	77.3
26	An et al. (2021)	100
29	García et al. (2019)	10
30	Ntuli et al. (2021)	1
	Enniya et al. (2017)	1

**Figura 7**  
*Dosis optima*

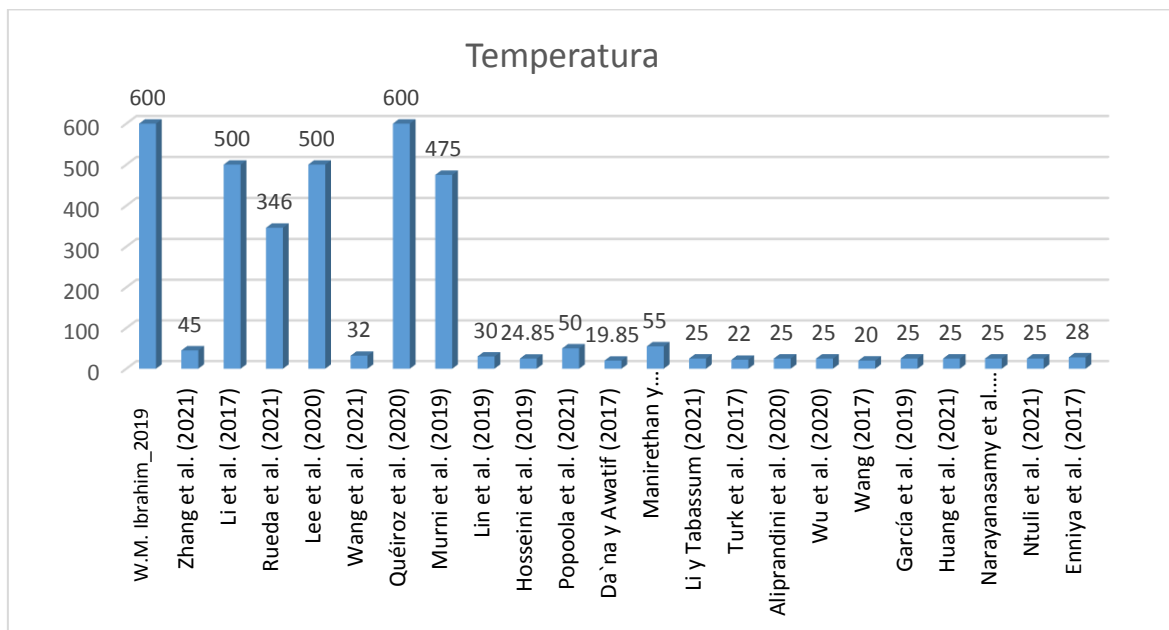


En la tabla se evidencia que el artículo N°21 Aliprandini et al. (2020) al igual que en el artículo n°30 Enniya et al. (2017) evidencian que aplican un 1 mg/t, cabe indicar que muestra una dosis elevada en el del artículo n°20 Turk et al. (2017) que es de 125 mg/t, por otro lado, otra dosis que se aplica es del artículo n°22 Budihardjo et al. (2021) que muestra 114 mg/t, en otro estudio se también considerado en menor cantidad de dosis fue 0.1 mg/t evidenciado en el estudio de Thotagamuge et al. (2021) y por último, se considera bajo de dosis fue el artículo n°1 W.M. Ibrahim 2019 que muestra 0.8 mg/t.

**Tabla 9**  
*Temperatura optima*

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
19.85	1	4.3	4.3
20	1	4.3	8.6
22	1	4.3	13.0
24.85	1	4.3	17.3
25	7	30.4	47.7
28	1	4.3	52.1
30	1	4.3	56.4
32	1	4.3	60.8
45	1	4.3	65.1
50	1	4.3	69.5
55	1	4.3	73.8
346	1	4.3	78.2
475	1	4.3	82.5
500	2	8.7	91.2
600	2	8.7	100.0
Total	23	100.0	

**Figura 8**  
Temperatura optima



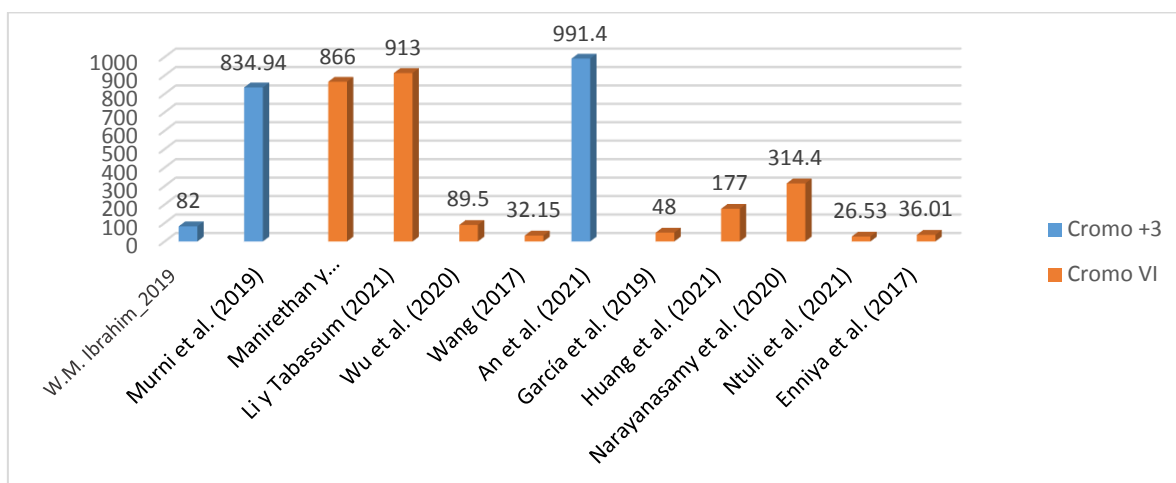
Según el análisis de los artículos en base a su temperatura se logra observar que 7 artículos muestran una temperatura de 25 °C, el cual refleja el 30.4% de la totalidad de los artículos. Por otro lado, también se encuentra similitud de dos artículos que refleja 500 °C y otros dos artículos 600 °C de temperatura, que reflejan el 17.4% de totalidad de los artículos, por otro lado 12 artículo unitariamente evidencia diferentes temperaturas. Cabe indicar que la temperatura minina usada fue de 19.85 °C.

**Tabla 10**  
Capacidad de adsorción

Nro.	autor	Cromo +3	Cromo VI
1	W.M. Ibrahim(2019)	82	
2	Murni et al. (2019)	834.94	
3	Manirethan y Balakrishnan (2020)		866
4	Li y Tabassum (2021)		913
5	Wu et al. (2020)		89.5
6	Wang (2017)		32.15
7	An et al. (2021)	991.4	
8	García et al. (2019)		48
9	Huang et al. (2021)		177
10	Narayanasamy et al. (2020)		314.4
11	Ntuli et al. (2021)		26.53
12	Enniya et al. (2018)		36.01

Nota: Elaboración propia

**Figura 9**  
Capacidad de adsorción



Nota: Elaboración propia

Según la tabla 9, se evidencio que nueve estudios acerca de la efectividad del carbón activado, nueve de ellos confirmaron la remoción del Cromo VI, de los cuales la mayor capacidad de adsorción fue de 913 mg/g, y como mínimo se tuvo 26.53 mg/g; mientras que para para la remoción del Cromo +3, hubo tres estudios, de los cuales la mayor adsorción en base al carbón activado fue de 991.4 mg/g y como mínimo fue de 82 mg/g.

En base a la estructura y propiedades de los carbonos activados se identificaron las siguientes estructuras de acuerdo a cada autor.

**Tabla 11**  
Estructura y propiedades de los carbonos activados

Autores	Tipo de Carbón	Estructura y propiedades
Wang (2017)	Carbón activado en polvo para eliminar el cromo (VI)	
Enniya et al. (2018)	carbón activado preparado a partir de cáscaras de manzana	Superficie de las cáscaras de manzana crudas es bastante lisa on pocas grietas y vacío y tiene una estructura con poros y cavidades

---

W.M. Ibrahim(2019)	Carbón activado Ulva lactuca(Alga Verde)	Las biomásas de las algas contienen diferentes grupos de amino, hidroxilo, carboxilo y sulfato en la pared celular influncian sobre la capacidad de adsorción de iones metálicos.
Murni et al. (2019)	Carbón activado de cáscara de mielada	Formación de microporos y mesoporos con las reacciones del H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> y los compuestos lignocelulósicos para formar fragmentos de biopolímeros reticulados con puentes de fosfato y polifosfato
García et al. (2019)	Carbones activados modificados para la adsorción cromo hexavalente a partir de soluciones acuosas	
Narayanasamy et al. (2020)	Carbón activado de cloruro de zinc sintetizado a partir de biomasa de fruta Phanera vahlii (legumbre leñosa)	Partículas de tamaño variable, que se sitúan entre 2-20 µm. Esto afirma que el carbón activado era de micropartículas y, por tanto, su pequeño tamaño ayudó a la eliminación eficiente del Cr(VI)
Balakrishnan (2020)	Carbón activado impregnado de melanina biosintetizado	Carbón activado tiene el tamaño en el rango milimétrico. muestran una capa uniforme de nanopartículas de melanina sobre el carbón activado y permite el paso fácil de la solución a través del adsorbente y ayuda a una mejor adsorción de los metales pesados a la melanina.
Wu et al. (2020)	Carbón activado a base de tallo de maíz	Muestran una combinación de isotermas tipo I y tipo II, indicando el predominio de microporos y mesoporos en las muestras de carbón activado. Este resultado indica que hay abundantes mesoporos en los CA.
Yuan et al. (2021)	Carbón activado granular sulfurado	

---

---

Li y Tabassum (2021)	Fuentes sólidas de carbono orgánico combinado del nuevo Mass Bio System	
D'An et al. (2021)	Carbón activado en polvo	En primer lugar, las moléculas de AH contienen varios grupos funcionales que teóricamente pueden interactuar con los iones de metales pesados, el complejo recién formado es fácilmente adsorbida por el carbón activado, lo que promueve directamente la adsorción de Cr(VI).

---



## V. CONCLUSIONES

De acuerdo al análisis de los diferentes artículos de remoción de Cromo VI, en base al carbón activado, así como de los resultados que se obtuvieron, se ha concluido lo siguiente:

Primero: El carbón activado con menor efectividad pero no con una diferencia relevante de remoción fue elaborado en base de carbón activado en polvo (PAC), de acuerdo al estudio que realizó D. An (2021); por lo tanto, la eficacia recae más en los carbones de origen natural; es decir que estén elaborados en base a materiales que se encuentran en la propia naturaleza, y que por lo general son desechados

Segundo: De acuerdo a los resultados se ha evidenciado que la capacidad de adsorción del carbón activado, recae en su origen de creación, es decir cómo es que fue elaborado y con qué productos, ya que la mayor efectividad que se vio en 991.4 mg/L, en la que el carbón fue realizado en base pajas de arroz en el estudio que llevó a cabo J.LI.S Tabassum (2021), mientras en el estudio de D`An et (2021) cuenta con una menor de efectividad pero no con una diferencia relevante de remoción que fue de 913 mg/L, en la que el carbón fue en base de carbón activado en polvo (PAC), estos materiales que se utilizaron se encuentra de manera considerable.

Tercero: Según el análisis realizado a los diferentes estudios en cuanto a la estructura del carbón activado en su mayoría se realizó en base a diversos productos de la naturaleza como son: la cascara de manzana, paja de arroz, desperdicios de madera, plumas de aves como cascarones de huevos, cascara de coco, entre otros más. De los cuales, las propiedades para la efectiva remoción de cromo VI se vio reflejada en distintas cantidades, así mismo, se pudo ver que el carbón contaba con distintos tamaños de poros, así como de masa, lo cual influía en la remoción, no solo del Cromo, sino también de otros metales pesados.

Cuarto: Se concluye que las características fisicoquímicas que debe cumplir el carbón activado en aguas de curtiembre para que la remoción del metal sea efectiva son las siguientes: que el nivel de pH se encuentre entre los valores de 3-5; la temperatura debe de ser un promedio de 300 °C; y el tiempo promedio debe ser de 240 minutos y la dosis optima es de 125mg/L. Sin embargo, estas magnitudes,

suelen variar en base al tipo de carbón activado como también que metal se requiere remover en las aguas residuales.

## **VI. RECOMENDACIONES**

A pesar de la densa cantidad de artículos de investigación que se obtuvo para el análisis de la remoción del Cromo (VI) y discriminar cada uno de ellos afín de evaluar y encontrar los métodos óptimos para su reducción o eliminación, se ha encontrado dificultades para su clasificación, de manera que en las futuras investigaciones se recomienda que los análisis se hagan únicamente con un tipo de carbón activado y dicha comparación se haga en base a la dosis de agregación. De esta manera se podrá obtener las características físicas y químicas de los carbones activados con referencia de dosis equitativas.

Se recomienda que, en base a los resultados obtenidos en la investigación, se siga los estudios de reducción del cromo (VI) con los carbones más baratos y fáciles de encontrar, debido a que muchos de estos carbones son desechados y no utilizados por su abundancia, tales son los casos de las cascaras de granos y de semillas de frutas.

Realizar estudios a nivel explicativo, donde el tipo de investigación llegue a ser de tipo experimental. De esta manera se podría medir la influencia del el PH sobre la remoción de otros metales diferentes al Cromo (VI) o Cromo (III). Tales metales contaminantes y mortales como el Mercurio, Cadmio y Plomo.

## REFERENCIAS

1. AJMANI, A., PATRA, C., SUBBIAH, S. and NARAYANASAMY, S., 2020. Packed bed column studies of hexavalent chromium adsorption by zinc chloride activated carbon synthesized from *Phanera vahlii* fruit biomass. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, vol. 8, no. 4. ISSN 22133437. DOI 10.1016/j.jece.2020.103825.
2. ALAHABADI, A., SINGH, P., RAIZADA, P. and ANASTOPOULOS, I., 2021. Activated carbon from wood wastes for the removal of uranium and thorium ions through modification with mineral acid. *Elsevier B.V.*, vol. 607, no. 163.
3. ALIPRANDINI, P., VEIGA, M.M., MARSHALL, B.G., SCARAZZATO, T. and ESPINOSA, D.C.R., 2020. Investigation of mercury cyanide adsorption from synthetic wastewater aqueous solution on granular activated carbon. *Journal of Water Process Engineering*, vol. 34. ISSN 22147144. DOI 10.1016/j.jwpe.2020.101154.
4. BUDIHARDJO, M.A., WIBOWO, Y.G., RAMADAN, B.S., SERUNTING, M.A., YOHANA, E. and SYAFRUDIN, 2021. Mercury removal using modified activated carbon of peat soil and coal in simulated landfill leachate. *Environmental Technology and Innovation*, vol. 24. ISSN 23521864. DOI 10.1016/j.eti.2021.102022.
5. CAO, F., LIAN, C., YU, J., YANG, H. and LIN, S., 2019. Study on the adsorption performance and competitive mechanism for heavy metal contaminants removal using novel multi-pore activated carbons derived from recyclable long-root *Eichhornia crassipes*. *Bioresource Technology*, vol. 276, pp. 211–218. ISSN 18732976. DOI 10.1016/j.biortech.2019.01.007.
6. CARBAJAL LLANOS, Yvana Mireya, CONTRERAS SALAZAR, Victoria Rosa, FUERTES MONTAGÑO, Leonardo, JOSÉ, Saavedra López Juan and WA, VASQUEZ, Antonio. Metodología de la investigación. *Universidad De San Martín De Porres* [online]. 2019. Vol. 01. Available from: [https://www.usmp.edu.pe/estudiosgenerales/pdf/2019-II/MANUALES/II CICLO/METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION.pdf](https://www.usmp.edu.pe/estudiosgenerales/pdf/2019-II/MANUALES/II%20CICLO/METODOLOGIA%20DE%20LA%20INVESTIGACION.pdf)

7. CRESWELL, Jhon. Investigación Cualitativa y Diseño Investigativo. *Investigación Cualitativa y Diseño Investigativo* [online]. 2007. P. 1–253. Available from: <http://academia.utp.edu.co/seminario-investigacion-II/files/2017/08/INVESTIGACION-CUALITATIVACreswell.pdf> Documento en proceso de construcción traducción del libro original en inglés producto de la línea de investigación en juventud Doc-torado en ciencias sociales niñez y juventud.
8. CHEN, Y., QIAN, Y., MA, J., MAO, M., QIAN, L. and AN, D., 2022. New insights into the cooperative adsorption behavior of Cr(VI) and humic acid in water by powdered activated carbon. *Science of the Total Environment*, vol. 817. ISSN 18791026. DOI 10.1016/j.scitotenv.2022.153081.
9. DA'NA, E. and AWAD, A., 2017. Regeneration of spent activated carbon obtained from home filtration system and applying it for heavy metals adsorption. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, vol. 5, no. 4, pp. 3091–3099. ISSN 22133437. DOI 10.1016/j.jece.2017.06.022.
10. DILOKEKUNAKUL, W., TEERACHAWANWONG, P., KLOMKLIANG, N., SUPASITMONGKOL, S. and CHAEMCHUEN, S., 2020. Effects of nitrogen and oxygen functional groups and pore width of activated carbon on carbon dioxide capture: Temperature dependence. *Elsevier*, vol. 389. DOI <https://doi.org/10.1016/j.cej.2020.124413>.
11. DULZAIDES, M. y MOLINA, A., 2004. Análisis documental y de información: dos componentes de un mismo proceso. *Scielo* [en línea], vol. 12, no. 2. Disponible en: [http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:kNzkFIJ37wkJ:scielo.sld.cu/scielo.php?script%3Dsci\\_arttext%26pid%3DS1024-94352004000200011&hl=es&gl=pe&strip=1&vwsrc=0](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:kNzkFIJ37wkJ:scielo.sld.cu/scielo.php?script%3Dsci_arttext%26pid%3DS1024-94352004000200011&hl=es&gl=pe&strip=1&vwsrc=0).
12. ENNIYA, I., RGHIOUI, L. and JOURANI, A., 2018. Adsorption of hexavalent chromium in aqueous solution on activated carbon prepared from apple peels. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, vol. 7, pp. 9–16. ISSN 23525541. DOI 10.1016/j.scp.2017.11.003.
13. HERNÁNDEZ-SAMPIERI, R. and MENDOZA TORRES, C.P., 2018. *Metodología de la Investigación*. Mc Graw Hi. Ciudad de Mexico: s.n.

14. HUANG, D., HAN, X., ZHANG, F., LIU, F., SHI, Z. and WANG, G., 2021. Reduction mechanism of hexavalent chromium in aqueous solution by sulfidated granular activated carbon. *Journal of Cleaner Production*, vol. 316. ISSN 09596526. DOI 10.1016/j.jclepro.2021.128273.
15. IBRAHIM, W.M., HASSAN, A.F. and AZAB, Y.A., 2016. Biosorption of toxic heavy metals from aqueous solution by *Ulva lactuca* activated carbon. *Egyptian Journal of Basic and Applied Sciences*, vol. 3, no. 3, pp. 241–249. DOI 10.1016/j.ejbas.2016.07.005.
16. LEE, Y.E., SHIN, D.C., JEONG, Y., KIM, I.T. and YOO, Y.S., 2020. Pyrolytic valorization of water treatment residuals containing powdered activated carbon as multifunctional adsorbents. *Chemosphere*, vol. 252. ISSN 18791298. DOI 10.1016/j.chemosphere.2020.126641.
17. LI, H., LI, M., ZHENG, F., WANG, J., CHEN, L., HU, P., ZHEN, Q., BASHIR, S. and LIU, J.L., 2021. Efficient removal of water pollutants by hierarchical porous zeolite-activated carbon prepared from coal gangue and bamboo. *Journal of Cleaner Production*, vol. 325. ISSN 09596526. DOI 10.1016/j.jclepro.2021.129322.
18. LI, J. and TABASSUM, S., 2021. Remediation of nitrate-contaminated groundwater by a combined treatment method of novel Mass Bio System and solid organic carbon sources: In-depth study. *Cleaner Engineering and Technology*, vol. 4. ISSN 26667908. DOI 10.1016/j.clet.2021.100161.
19. LI, Juan, XING, X., LI, Jiao, SHI, M., LIN, A., XU, C., ZHENG, J. and LI, R., 2018. Preparation of thiol-functionalized activated carbon from sewage sludge with coal blending for heavy metal removal from contaminated water. *Environmental Pollution*, vol. 234, pp. 677–683. ISSN 18736424. DOI 10.1016/j.envpol.2017.11.102.
20. MANIRETHAN, V. and BALAKRISHNAN, R.M., 2020. Batch and continuous studies on the removal of heavy metals using biosynthesised melanin impregnated activated carbon. *Environmental Technology and Innovation*, vol. 20. ISSN 23521864. DOI 10.1016/j.eti.2020.101085.
21. MOLINA, J.D. and ANGULO, L.D., 2020. *Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales provenientes de curtiembres con*

*carbón activado modificado con nanopartículas magnetizadas*. S.I.:  
Universidad Católica de Colombia.

22. MUSTAFA, R. and ASMATULU, E., 2020. Preparation of activated carbon using fruit, paper and clothing wastes for wastewater treatment. *Journal of Water Process Engineering*, vol. 35. ISSN 22147144. DOI 10.1016/j.jwpe.2020.101239.
23. NEL, L., 2019. *Índice*. MACRO. Lima: s.n. ISBN 9786123045760.
24. NTULI, T.D., MONGWE, T.H., SIKEYI, L.L., MKHARI, O., COVILLE, N.J., NXUMALO, E.N. and MAUBANE-NKADIMENG, M.S., 2021. Removal of hexavalent chromium via an adsorption coupled reduction mechanism using olive oil derived carbon nano-onions. *Environmental Nanotechnology, Monitoring and Management*, vol. 16. ISSN 22151532. DOI 10.1016/j.enmm.2021.100477.
25. NOREÑA, A.L., ALCARAZ-MORENO, N., ROJAS, J.G. y REBOLLEDO-MALPICA, D., 2012. Aplicabilidad de los criterios de rigor y éticos en la investigación cualitativa. *Aquichán* [en línea], vol. 12, no. 3, pp. 263-274. ISSN 16575997. Disponible en:  
<http://www.scielo.org.co/pdf/aqui/v12n3/v12n3a06.pdf>.
26. PAP, S., ŠOLEVIĆ KNUDSEN, T., RADONIĆ, J., MALETIĆ, S., IGIĆ, S.M. and TURK SEKULIĆ, M., 2017. Utilization of fruit processing industry waste as green activated carbon for the treatment of heavy metals and chlorophenols contaminated water. *Journal of Cleaner Production*, vol. 162, pp. 958–972. ISSN 09596526. DOI 10.1016/j.jclepro.2017.06.083.
27. PIAI, L., DYKSTRA, J., ADISHAKTI, M., BLOKLAND, M. and LANGENHOFF, A., 2019. Diffusion of hydrophilic organic micropollutants in granular activated carbon with different pore sizes. *Science Direct*, vol. 162. DOI <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.06.012>.
28. PINEDO, R.S., 2012. *Impactos ambientales generados por la curtiembre D-leyse, en el distrito del Porvenir, Trujillo, región La Libertad*. S.I.: Universo Nacional Agraria de la Selva.

29. POPOOLA, L.T., YUSUFF, A.S., ADEYI, A.A. and OMOTARA, O.O., 2022. Adsorptive removal of heavy metals from oil well produced water using citrullus lanatus peel: Characterization and optimization. *South African Journal of Chemical Engineering*, vol. 39, pp. 19–27. ISSN 10269185. DOI 10.1016/j.sajce.2021.11.001.
30. QUEIROZ, L.S., DE SOUZA, L.K.C., THOMAZ, K.T.C., LEITE LIMA, E.T., DA ROCHA FILHO, G.N., DO NASCIMENTO, L.A.S., DE OLIVEIRA PIRES, L.H., FAIAL, K. do C.F. and DA COSTA, C.E.F., 2020. Activated carbon obtained from amazonian biomass tailings (acai seed): Modification, characterization, and use for removal of metal ions from water. *Journal of Environmental Management*, vol. 270. ISSN 10958630. DOI 10.1016/j.jenvman.2020.110868.
31. RAHMANI-SANI, A., SINGH, P., RAIZADA, P., CLAUDIO LIMA, E., ANASTOPOULOS, I., GIANNAKOUDAKIS, D.A., SIVAMANI, S., DONTSOVA, T.A. and HOSSEINI-BANDEGHARAEI, A., 2020. Use of chicken feather and eggshell to synthesize a novel magnetized activated carbon for sorption of heavy metal ions. *Bioresource Technology*, vol. 297. ISSN 18732976. DOI 10.1016/j.biortech.2019.122452.
32. RODRIGUEZ, F., MARSH, H. and HEINTZ, E., 2020. In Introduction to carbon technologies (Ed.), Publication's Universidad D'Alicante (Ed.), Introduction to carbon technologies. *12 de octubre del 2020*, pp. 27.
33. RODRÍGUEZ, J., RIOS, J., FLORES, S., TREVINO, G. and MUZQUIZ, E., 2019. Síntesis y caracterización de composites carbón/óxidos. *24 de septiembre del 2019*, pp. 6.
34. ROUQUEROL, F., ROUQUEROL, J. and SING, K., 1999. *Adsorption by Powders and Porous Solids*. S.l.: s.n.
35. RUEDA-MÁRQUEZ, J.J., MORENO-ANDRÉS, J., REY, A., CORADA-FERNÁNDEZ, C., MIKOLA, A., MANZANO, M.A. and LEVCHUK, I., 2021. Post-treatment of real municipal wastewater effluents by means of granular activated carbon (GAC) based catalytic processes: A focus on abatement of pharmaceutically active compounds. *Water Research*, vol. 192. ISSN 18792448. DOI 10.1016/j.watres.2021.116833.




36. SÁNCHEZ, H., REYES, C. y MEJÍA, K., 2018. Manual de términos en investigación científica, tecnológica y humanística.
37. SHAHROKHI-SHAHRAKI, R., BENALLY, C., EL-DIN, M.G. and PARK, J., 2021. High efficiency removal of heavy metals using tire-derived activated carbon vs commercial activated carbon: Insights into the adsorption mechanisms. *Chemosphere*, vol. 264. ISSN 18791298. DOI 10.1016/j.chemosphere.2020.128455.
38. SILVA, C. and FLORES, J.F., 2019. *Adsorción con carbón activado modificado para la Remoción de Cr6+ en efluentes de la industria de Cromado, Lima 2018-2019*. S.I.: Universidad César Vallejo.
39. SOLÍS, J., MORALES, M., AYALA, R. and DURÁN, M., 2012. Obtencion del carbón activado a partir de residuos agroindustriales y su evaluacion en la remocion de color del jugo de caña. *Tecnologia ciencia educacion*, vol. 27, pp. 14.
40. THOTAGAMUGE, R., KOOH, M.R.R., MAHADI, A.H., LIM, C.M., ABU, M., JAN, A., HANIPAH, A.H.A., KHIONG, Y.Y. and SHOFRY, A., 2021. Copper modified activated bamboo charcoal to enhance adsorption of heavy metals from industrial wastewater. *Environmental Nanotechnology, Monitoring and Management*, vol. 16. ISSN 22151532. DOI 10.1016/j.enmm.2021.100562.
41. ÜNER, O. and BAYRAK, Y., 2018. The effect of carbonization temperature, carbonization time and impregnation ratio on the properties of activated carbon produced from *Arundo donax*. *Science Direct*, vol. 268, pp. 225–234. DOI <https://doi.org/10.1016/j.micromeso.2018.04.037>.
42. VALENTÍN-REYES, J., GARCÍA-REYES, R.B., GARCÍA-GONZÁLEZ, A., SOTO-REGALADO, E. and CERINO-CÓRDOVA, F., 2019. Adsorption mechanisms of hexavalent chromium from aqueous solutions on modified activated carbons. *Journal of Environmental Management*, vol. 236, pp. 815–822. ISSN 10958630. DOI 10.1016/j.jenvman.2019.02.014.

43. VARGAS, J., GIRALDO, L. and MORENO, J., 2008. Obtención y caracterización de carbones activados a partir de semillas de mucuna. *Scielo*, vol. 37, pp. 11.
44. WANG, R., FAN, X.W. and LI, Y.Z., 2022. Efficient removal of a low concentration of Pb(II), Fe(III) and Cu(II) from simulated drinking water by co-immobilization between low-dosages of metal-resistant/adapted fungus *Penicillium janthinillum* and graphene oxide and activated carbon. *Chemosphere*, vol. 286. ISSN 18791298. DOI 10.1016/j.chemosphere.2021.131591.
45. WANG, W., 2018. Chromium (VI) removal from aqueous solutions through powdered activated carbon countercurrent two-stage adsorption. *Chemosphere*, vol. 190, pp. 97–102. ISSN 18791298. DOI 10.1016/j.chemosphere.2017.09.141.
46. YUAN, Y., AN, Z., ZHANG, R., WEI, X. and LAI, B., 2021. Efficiencies and mechanisms of heavy metals adsorption on waste leather-derived high-nitrogen activated carbon. *Journal of Cleaner Production*, vol. 293. ISSN 09596526. DOI 10.1016/j.jclepro.2021.126215.
47. YUNUS, Z.M., AL-GHEETHI, A., OTHMAN, N., HAMDAN, R. and RUSLAN, N.N., 2020. Removal of heavy metals from mining effluents in tile and electroplating industries using honeydew peel activated carbon: A microstructure and techno-economic analysis. *Journal of Cleaner Production*, vol. 251. ISSN 09596526. DOI 10.1016/j.jclepro.2019.119738.
48. ZHANG, Y., SUN, Q., JIANG, Z., WANG, J., CAO, B., ZHANG, S., YANG, C., TAO, Y. and QU, J., 2022. Evaluation of the effects of adding activated carbon at different stages of composting on metal speciation and bacterial community evolution. *Science of the Total Environment*, vol. 806. ISSN 18791026. DOI 10.1016/j.scitotenv.2021.151332.
49. ZHAO, J., YU, L., MA, H., ZHOU, F., YANG, K. and WU, G., 2020. Corn stalk-based activated carbon synthesized by a novel activation method for high-performance adsorption of hexavalent chromium in aqueous solutions. *Journal of Colloid and Interface Science*, vol. 578, pp. 650–659. ISSN 10957103. DOI 10.1016/j.jcis.2020.06.031.

## **ANEXOS**

## ANEXO 01: FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

	<h3>FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS</h3>	
<b>TÍTULO:</b>	New insights into the cooperative adsorption behavior of Cr(VI) and humic acid in water by powdered activated carbon	
<b>REVISTA:</b> Science of the Total Environment	<b>AÑO DE PUBLICACIÓN:</b> 2021	<b>LUGAR DE PUBLICACIÓN:</b> República Popular China
<b>TIPO DE INVESTIGACIÓN:</b> Cuantitativa	<b>CÓDIGO:</b> <a href="http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153081">http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153081</a>	
<b>AUTOR (ES):</b>	Yanan Chen , Yunkun Qian , Jiaxin ma , Mengjun Mao , Linping Qian y Dong An	
<b>PALABRAS CLAVES:</b>	Ácidos húmicos, Carbón Activado, Adsorción	
<b>TIPO DE CARBÓN:</b>	Carbón activado en polvo de madera	
<b>ÁREA:</b>	Papel de HA y pH en la adsorción de Cr(VI) en carbón activado en polvo investigado. Se evaluaron las interacciones entre Cr y HA. Los niveles más altos de HA promovieron la reducción de Cr(VI) a Cr(III). Formación de complejos Cr(VI)-HA y Cr(III)-HA responsables de la promoción mutua entre HA y Cr(VI) en la adsorción PAC	
<b>PARÁMETROS DE USO:</b>	Volumen, Adsorbente	
<b>METODOLOGÍA:</b>	Experimentos de adsorción. Se llevaron a cabo experimentos de adsorción cooperativa mezclando 20 mg PAC con 50 mL de 80 mg/L de Cr(VI) y una serie de concentraciones de soluciones de HA (es decir, 5, 10 y 20 mg/L) en un matraz Erlenmeyer de 250 mL. Para Cr(VI) y experimentos de adsorción simple de HA, se agregaron 20 mg de PAC a 50 ml de Solución de 80 mg/L de Cr(VI) o 20 mg/L de HA en un matraz Erlenmeyer de 250 mL	
<b>RESULTADOS:</b>	Las concentraciones más altas de HA aumentaron la reducción de Cr(VI) a Cr(III), lo que probablemente se debió a la transferencia de electrones proporcionada por los grupos funcionales como -CO, -OH y -COOH tanto en PAC como en HA. A pH 3, el 99,1 % del Cr adsorbido en la superficie del PAC estaba en forma de Cr(III). Estos hallazgos implican que las interacciones entre Cr(VI) y HA en el proceso de tratamiento del agua by PAC proporciona beneficios adicionales y sinérgicos, lo que conduce a una mayor eliminación de cromo	