



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Eficacia del carbón activado utilizando semilla de aguaje (*Mauritia flexuosa*) en la remoción de plomo en aguas del dren 2000

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Ambiental

AUTORES:

Calle Jimenez, Luigi Engerberth (orcid.org/0000-0002-6736-0807)

Davila Rafael, Erland Oscar (orcid.org/0000-0002-0926-100X)

ASESOR:

Dr. Ponce Ayala, Jose Elias (orcid.org/0000-0002-0190-3143)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Tratamiento y Gestión de los Residuos

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

CHICLAYO - PERÚ

2023

DEDICATORIA

En primera instancia va dedicado a Dios por permitir seguir adelante a pesar de los inconvenientes que se nos puedan presentar, también va dedicado especialmente a mis padres por el apoyo que me brindaron durante el transcurso de toda mi carrera universitaria, y a toda mi familia que siempre me apoyo en cada instancia del transcurso de mis estudios.

Luigi Engerberth

La presente investigación está dedicada a mis padres Oscar y Elcira, por ser mi fuente de inspiración y superación e inculcarme valores para ser mejor persona, a mis hermanos Henry y Franco David por su motivación. También va dedicado a mi familia y amigos que de una u otra manera aportaron en mi formación y crecimiento como profesional.

Erland Oscar

AGRADECIMIENTO

Agradecer a Dios por permitir la culminación de nuestra investigación a pesar de los inconvenientes presentados, agradecer a mi madre Domnina Francie Jiménez Mauricio y a mi padre Arcenio Orozco Córdova por el gran apoyo que me brindaron en el desarrollo de mi carrera universitaria y en el cumplimiento de mis metas, un agradecimiento especial al Ing. Cristian Michel Gómez Cornejo por apoyarnos a lo largo de nuestra investigación, y a nuestro asesor Dr. Ponce Ayala Jose Elias.

Luigi Engerberth

Primeramente, doy gracias a Dios por ser mi fortaleza durante estos años, a mis padres por su apoyo incondicional en esta etapa de mucho sacrificio, a todos mis familiares que estuvieron pendientes de mí, de la misma forma un sincero agradecimiento al Dr. Ponce Ayala Jose Elias y el Ing. Cristian Michel Gómez Cornejo por ser nuestro asesor y guía de nuestra tesis, hago presente mi gratitud hacia ustedes, así como también un agradecimiento a mis compañeros de estudio que formaron parte de esta hermosa etapa. Muchas gracias a todos.

Erland Oscar

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, PONCE AYALA JOSE ELIAS, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHICLAYO, asesor de Tesis Completa titulada: "Eficacia del carbón activado utilizando semilla de aguaje (*Mauritia flexuosa*) en la remoción de plomo en aguas del dren 2000", cuyos autores son DAVILA RAFAEL ERLAND OSCAR, CALLE JIMENEZ LUIGI ENGERBERTH, constato que la investigación tiene un índice de similitud de %, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

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

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

CHICLAYO, 16 de Noviembre del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
PONCE AYALA JOSE ELIAS DNI: 16491942 ORCID: 0000-0002-0190-3143	Firmado electrónicamente por: PAYALAJE el 17-11- 2023 12:27:32

Código documento Trilce: TRI - 0654827



DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DE LOS AUTORES



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, DAVILA RAFAEL ERLAND OSCAR, CALLE JIMENEZ LUIGI ENGERBERTH estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHICLAYO, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis Completa titulada: "Eficacia del carbón activado utilizando semilla de aguaje (Mauritia flexuosa) en la remoción de plomo en aguas del dren 2000", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis Completa:

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

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

Nombres y Apellidos	Firma
ERLAND OSCAR DAVILA RAFAEL DNI: 70561894 ORCID: 0000-0002-0926-100X	Firmado electrónicamente por: EDAVILARA el 16-11-2023 20:17:17
LUIGI ENGERBERTH CALLE JIMENEZ DNI: 76246455 ORCID: 0000-0002-6736-0807	Firmado electrónicamente por: LCALLEJI15 el 16-11-2023 16:37:30

Código documento Trilce: TRI - 0654828



ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR	iv
DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DE LOS AUTORES	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vi
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
I. INTRODUCCIÓN	12
II. MARCO TEÓRICO	15
III. METODOLOGÍA	29
3.1. Tipo y diseño de investigación	29
3.2. Variable y operacionalización.....	29
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis.....	29
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	31
3.5. Procedimiento.....	31
3.6. Método de análisis de datos.....	38
3.7. Aspectos éticos.....	38
IV. RESULTADOS	39
V. DISCUSIÓN	53
VI. CONCLUSIONES	58
VII. RECOMENDACIONES	59
REFERENCIAS	60
ANEXOS	66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01. <i>Clasificación taxonómica de <i>Mauritia flexuosa</i></i>	21
Tabla 02. <i>Ventajas y desventajas de activación química y física</i>	25
Tabla 03. <i>Análisis de la eficiencia de carbón activado a base de semilla de aguaje y otras materias primas</i>	26
Tabla 04. <i>Dosis de carbón activado</i>	35
Tabla 05. <i>Resultado de la concentración inicial de plomo</i>	39
Tabla 06. <i>Resultado del porcentaje de humedad</i>	39
Tabla 07. <i>Resultado del porcentaje de material volátil</i>	39
Tabla 08. <i>Resultado del porcentaje de contenido en cenizas</i>	40
Tabla 09. <i>Resultado del porcentaje de carbón fijo</i>	40
Tabla 10. <i>pH de las muestras de agua post tratamiento</i>	48
Tabla 11. <i>Resultados de las concentraciones de plomo post tratamiento</i>	50
Tabla 12. <i>Porcentaje de reducción de concentraciones de plomo</i>	51

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 01.</i> Tallo y hoja de <i>Mauritia flexuosa</i>	22
<i>Figura 02.</i> Estructura del fruto <i>Mauritia Flexuosa</i>	22
<i>Figura 03.</i> Tipos de carbón activado.....	24
<i>Figura 04.</i> Esquema de comparación de activación física y activación química...	25
<i>Figura 05.</i> Recolección de muestras de agua del dren 2000	32
<i>Figura 06.</i> Dosificación del carbón y proceso de adsorción mediante prueba de jarras.....	35
<i>Figura 07.</i> Filtración de las muestras de agua tratadas.....	36
<i>Figura 08.</i> Flujoograma del proceso de elaboración del carbón a partir de <i>Mauritia flexuosa</i>	37
<i>Figura 09.</i> Porcentaje de la caracterización de la materia prima	40
<i>Figura 10.</i> Recolección de la muestra	41
<i>Figura 11.</i> Separación de la cáscara y la pulpa de la materia prima.....	41
<i>Figura 12.</i> Pre-secado de la materia prima.....	42
<i>Figura 13.</i> Trituración mecánica.....	42
<i>Figura 14.</i> Limpieza de materia prima.....	43
<i>Figura 15.</i> Lavado de materia prima	43
<i>Figura 16.</i> Secado de materia prima.....	44
<i>Figura 17.</i> Impregnación con agente activante.....	45
<i>Figura 18.</i> Carbonización de la materia prima	46
<i>Figura 19.</i> Secado del carbón activado	46

<i>Figura 20.</i> Molienda y tamizado del carbón activado	47
<i>Figura 21.</i> Almacenamiento del carbón activado.....	47
<i>Figura 22.</i> pH del carbón activado	48
<i>Figura 23.</i> pH de las muestras de agua post tratamiento.....	49
<i>Figura 24.</i> Concentraciones finales de plomo en muestras de agua tratadas	51
<i>Figura 25.</i> Porcentaje de reducción de concentraciones de plomo.....	52

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo general determinar la eficacia del carbón activado utilizando semilla de aguaje (*Mauritia flexuosa*) en la remoción de plomo en aguas del dren 2000. Esta investigación fue de tipo aplicada con enfoque cuantitativo, este estudio se basó en la absorción de plomo presente en aguas del dren 2000 donde tuvo como concentración inicial 0,678 mg/L, utilizando carbón activado, se obtuvieron 3 tipos de carbón activado a diferentes temperaturas; CA-1(500 °C), CA-2(550 °C), CA-3(600 °C), seguido a esto se realizó el tratamiento mediante equipo prueba de jarras que consistió en la aplicación de 3 dosis(1 g, 1.5 g, 2 g) en cada 500 ml de agua con concentración de plomo con 2 réplicas por cada tratamiento, en relación a ello los resultados obtenidos son positivos, determinando que la dosis óptima de aplicación en el tratamiento fue el CA-1 a temperatura de 500 °C y con una dosis de 2 g de carbón activado llegando a reducir un 85.42% de concentración de plomo, concluyendo que esta investigación tiene mucho aporte a la mejora de soluciones eco amigables a su aplicación a favor de nuestro medio ambiente.

Palabras clave: *Mauritia flexuosa*, absorción, carbón activado, plomo.

ABSTRACT

The general objective of this research was to determine the effectiveness of activated carbon using aguaje seed (*Mauritia flexuosa*) in the removal of lead in the waters of the 2000 drain. This research was of an applied type with a quantitative approach, this study was based on the absorption of lead present in drain water 2000 where the initial concentration was 0.678 mg/L, using activated carbon, 3 types of activated carbon were obtained at different temperatures: CA-1 (500°C), CA-2 (550°C), CA -3 (600°C), followed by the treatment using jar test equipment that consisted of applying 3 doses (1 g, 1.5 g, 2 g) in each 500 ml of water with lead concentration with 2 replicates per each treatment, in relation to this the results obtained are positive, determining that the optimal application dose in the treatment was CA-1 at a temperature of 500 °C and with a dose of 2g of activated carbon, reducing 85.42% of lead concentration, concluding that this research has a lot of contribution to the improvement of eco-friendly solutions to its application in favor of our environment.

Keywords: *Mauritia flexuosa*, absorption, activated carbon, lead.

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años el proceso de industrialización ha conllevado a la presencia en grandes cantidades de metales pesados en el recurso hídrico, siendo estos contaminantes de agua uno de los mayores problemas de nuestra civilización actual, las aguas residuales, industriales, domésticas y de agricultura, circulan por drenes quienes alimentan los ríos y el mar, esta es una molestia fundamental debido a la cantidad y forma de contaminación producida, es por ello que se está presentando un efecto negativo en nuestro medio ambiente.

Metales pesados como Zn, Pb, Cd, Mn y Cu presentan grandes riesgos para la vida cuando se encuentran presentes en cantidades muy elevadas fuera del rango de los límites máximos permisibles, ya sea que estén presentes en fuentes de agua, el aire y alimentos (Chávez, 2011), menciona que estos metales pesados al no ser degradables de manera química ni biológica, representan una mayor peligrosidad en el ambiente, ya que estos pueden permanecer por cientos de años expuestos. Su acumulación puede aumentar dentro de la ingesta de otros seres vivos, por lo que el consumo de plantas o animales contaminados por estos metales pesados, pueden causar ceguera, miastenia, raquitismo, amnesia, intoxicación y situaciones extremas como perder la vida.

Generalmente las aguas residuales e industriales que son generadas por diferentes industrias suelen estar contaminadas por metales pesados entre los más comunes tenemos el plomo (Pb), cadmio (Cd), cromo (Cr), etc. Con el tiempo estos pueden generar amenazas para la salud, así como para los ecosistemas, ya que debido a su naturaleza son inorgánicos y no se degradan, esto ocasiona que con conforme el tiempo pasa se van acumulando. Existen diferentes métodos fisicoquímicos y biológicos de gran eficacia en la remoción de metales, como por ejemplo la precipitación química, la separación por membranas, el intercambio iónico, la electrodiálisis y la fitorremediación, sin embargo, estos procesos presentan una serie de limitaciones propias de su aplicación (Li Jiashi et al. 2022).

El Pb es un contaminante metálico que con frecuencia es motivo de alarma en relación a su presencia en el agua potable, las aguas residuales, el agua de ríos. El tratamiento y eliminación de contaminantes del agua es una prioridad de investigación durante mucho tiempo y, en consecuencia, existen muchas técnicas empleadas para eliminar o reducir sus concentraciones a niveles permisibles o aceptables. La adsorción es considerada por muchos como la mejor técnica o la más confiable para remover metales debido a la facilidad de aplicación y bajo costo, además de la alta eficiencia de remoción que se puede lograr.

Li Jiashi et al (2022), nos menciona que el CA en la actualidad es cada vez menos accesible y va aumentando su precio, por lo que es importante encontrar materiales de bajo costo y que cuenten con una gran capacidad de adsorción, entre los materiales de bajo costo se pueden encontrar minerales naturales, desechos agrícolas, desechos animales y vegetales y desechos industriales, entre estos los desechos agrícolas son los más prometedores pues cuentan con ventajas como gran porosidad una gran superficie y una estructura estable y gran parte de estos están compuestos por celulosa, hemicelulosa y lignina lo que estudios recientes demuestran que estos compuestos ayudan en la adsorción de contaminantes principalmente metales pesados.

La problemática de las aguas contaminadas por metales pesados está teniendo efectos negativos en nuestra salud, ya que son fuentes primarias de consumo del ser humano, por lo que es esencial poner en práctica alternativas eficientes en la disminución de metales pesados, por ello es posible utilizar diferentes residuos orgánicos como precursores para obtener CA y por ende reducir este contaminante en el agua, por lo cual la investigación nos permite formular la siguiente pregunta ¿Es eficaz el carbón activado utilizando semilla de aguaje (*Mauritia flexuosa*) en la remoción de plomo en aguas del dren 2000?

Como justificación de nuestra investigación tenemos el aspecto social: contribuir con la aplicación de metodologías para la reducción de metales pesados a través del uso de materia orgánica como la pepa de aguaje para elaborar carbón activado, ya que estudios recientes demuestran ser un material prometedor para tratar aguas residuales garantizando una mejor calidad de aguas libres de metales pesados,

logrando prevenir impactos negativos que se pueden presentar en la salud de los seres vivos, producto de la presencia de metales pesados en las fuentes de agua, en lo económico se pretende aprovechar los residuos orgánicos, en este caso el aguaje que mediante un proceso para elaborar carbón activado utilizando su semilla y ser aprovechado con fines positivos asociados a la disminución de contaminantes en aguas residuales.

Con relación a lo ambiental, se han desarrollado diferentes procesos de gran eficacia para la remoción de estos metales, pero que no son eco amigables con el medio ambiente, por ello se utilizó este método de adsorción por carbón activado base de materia orgánica siendo rentable y eficaz, y que no genera grandes contaminantes con el fin de mejorar las aguas contaminadas por metales pesados y disminuir los impactos negativos en el ambiente. Mediante el transcurso de las aguas residuales del dren 2000 las que tiene como disposición final el Océano Pacífico. Las aguas del litoral lambayecano están siendo afectadas por la presencia de metales pesados, afectando directamente a las especies marinas, y por lo tanto a la cadena alimenticia.

Planteamos como objetivo general determinar la eficacia del carbón activado utilizando semilla de aguaje (*Mauritia flexuosa*) en la remoción de plomo en aguas del dren 2000 y como objetivos específicos tenemos evaluar la cantidad de plomo presente en las aguas residuales en el dren 2000, evaluar las características físicas y químicas del precursor, elaborar carbón activado usando como materia prima semilla de aguaje a través del método de activación química, evaluar la capacidad de adsorción del carbón activado a partir de semillas de aguaje en la remoción de Pb.

Como nuestra hipótesis tenemos la elaboración de carbón activado a base de *Mauritia flexuosa* es eficaz en la adsorción de plomo en el agua del dren 2000

II. MARCO TEÓRICO

En investigaciones previas, se ha observado el uso del CA derivado de la semilla del aguaje (*Mauritia flexuosa*). Uno de los estudios relevantes, realizado por Sun-Kou et al. en 2014, se enfocó en la adsorción de metales pesados utilizando CA producido a partir de las semillas de aguaje. Este estudio investigó su capacidad de sorción de los iones Cr, Pb, Cd en diferentes niveles de pH. Se utilizaron distintas formas de impregnación, a 600 °C de temperatura, empleando ácido fosfórico en el proceso de impregnación. En este estudio los resultados obtenidos indicaron que la razón de impregnación y la temperatura de activación desempeñaron un papel determinante en las propiedades fisicoquímicas del carbón activado resultante.

Asimismo, destaca la importancia de la acidez superficial del carbón, su permeabilidad del adsorbato y el pH de la solución como variables cruciales en la capacidad de adsorción de los iones Cd, Cr y Pb mediante el uso del CA. En cuanto a la capacidad de adsorción, se encontró que el plomo presentó la mayor capacidad de adsorción alcanzada (74,8 mg/g), seguido por el cadmio (26,5 mg/g) y el cromo (18,8 mg/g).

En resumen, el estudio realizado por Sun-Kou et al. (2014), demostró que el CA derivado de las semillas de aguaje tiene la capacidad de adsorber metales pesados como Cr, Pb, Cd. Estos resultados son relevantes para aplicaciones relacionadas con la disminución de metales pesados en aguas contaminadas.

En otro estudio realizado por Tavares (2019), se utilizó la cáscara del aguaje (*Mauritia flexuosa*) para producir carbón activado y se evaluó su eficacia en la remoción de cobre (II) dando como resultado que su muestra que mayor efectividad obtuvo en la adsorción de cobre, su temperatura de activación fue de 800 °C por un periodo de 1 hora, su pH fue cercano a 10 donde se destacó en los cálculos de rendimiento (60%), materia volátil (40%), contenido de cenizas (7,38%) y carbono fijo (52,62%), también logró identificar una estructura porosa. Presentando una alternativa original para ayudar en la eliminación de cobre en aguas residuales.

Beltrán et al. (2015), estudió el CA a base de semilla de aguaje "*Mauritia flexuosa*" para la adsorción de N, N -dimetilamina utilizando una solución de ácido fosfórico para la impregnación química a las muestras de carbón, su temperatura de activación fue de 600 °C en un horno tubular bajo flujo de nitrógeno, concluyendo que la acidez superficial y la microporosidad fueron los principales factores que contribuyeron a la adsorción en todas las muestras, obteniendo una remoción máxima de N -dimetilamina de 1481 mg g⁻¹.

Obregón y Sun-Kou (2014), realizaron una comparación sobre la adsorción de cadmio sobre el CA a base de semilla de *Mauritia flexuosa* (aguaje) y hueso de olivo (*Olea europaea L.*) utilizaron una solución de ácido fosfórico para la impregnación química consideraron tres temperaturas de activación diferentes (400 °C, 500 °C y 600 °C), llegaron a la conclusión de que los parámetros que mayor influyen en la adsorción de los carbones activados fueron la naturaleza del precursor, temperatura de activación y relación de impregnación, los carbones activados que mejor capacidad de adsorción presentaron fueron, como precursor la pepa de aguaje con 26.33 mg g⁻¹, con una área mesoporosa de 140 m² g⁻¹ y una alta acidez superficial de 2,43 mmol H⁺g⁻¹, en cambio el hueso de olivo presento capacidad de adsorción de 24.83 mg g⁻¹, área mesoporosa de 125 m² g⁻¹, y su acidez superficial de 2,37 mmol H⁺g⁻¹.

La pepa de aguaje dio mejor resultado de adsorción en comparación a el hueso de oliva que por su alto contenido de lignina requería una mayor tasa de impregnación para lograr una acidez superficial adecuada y un área mesoporosa para aumentar la adsorción de iones de cadmio.

En el estudio realizado por Obregón, Acosta, Sun-Kou y Dias en 2020, se empleó carbón activado derivado de semillas de aguaje (*Mauritia flexuosa*) en la eliminación de mercurio. En este caso, utilizaron el CA modificado con óxido de manganeso con el objetivo de comparar su capacidad de adsorción con la del carbón sin modificar. Concluyeron que los carbones modificados con óxido de manganeso mostraron un incremento en su carga cero, lo cual resultó en una adsorción más efectiva del mercurio, superando así el punto de carga cero de los carbones sin modificar.

Patriota et al., (2020), en su artículo adsorción de cobre y azul de metileno en un agro residuo de *Mauritia flexuosa* indican que los residuos agrícolas de *aguaje* evaluados en este estudio demostraron ser un adsorbente novedoso y rentable que se aplica para la eliminación de metales tóxicos y tintes sintéticos catiónicos de soluciones acuosas. Tiene grandes capacidades máximas de adsorción de Cu (II) y MB y rápidas tasas de adsorción.

Sandoval et al., (2021), mediante su estudio define que el CA es un material indispensable para diversos usos como en la industria, tecnología, medicina, ecología, y otros fines, También sus diferentes funciones pueden hacer un medio ambiente menos contaminado y con ello contribuir a nuevas propuestas de un ecosistema sostenible y sostenible, a diferencia de otros adsorbentes como la Silicatita o la Zeolita, que son alternativas más caras y con un rendimiento de adsorción ineficiente.

Rimoli et al., (2019), utilizaron activación física para elaborar carbón activado a partir de frutos de árbol de castaña, evaluó distintas propiedades químicas en comparación a las temperaturas de activación y la atmosfera. Se realizaron tres muestras a diferente temperatura, se activaron bajo la atmosfera, con saturación de CO₂ o vapor, en resultado definieron su importancia de la T° en la que se activa y la atmosfera en las propiedades fisicoquímicas del carbono, determinando que presento excelente superficie el carbón y excelente calidad.

Prias Barragán et al., (2011), en su investigación logro identificar las variables más importantes a tener en cuenta para obtener carbón activado a base de *guadua angustifolia*. Determinaron que la temperatura y tiempo de carbonización e impregnación del activante son muy importantes, así como también el tamaño de muestra, todas estas acciones han permitido obtener una mejor y amplia adsorción con azul de metileno en el transcurso de decoloración.

En el estudio realizado por García y Granillo en 2017, se examinaron las condiciones operativas para la producción de CA a partir de la cáscara de naranja valencia. Se determinaron los factores clave en el proceso de elaboración del carbón activado, los cuales incluyeron la temperatura de carbonización, el tiempo de carbonización y el agente activador, siendo las siguientes, temperatura de

carbonización a 450 °C y tiempo de carbonización 3 horas, y como agente activante H₃PO₄ al 26%, en su área superficial del carbón activado es 647 m²/g y su eficiencia de adsorción es 95 mg/g, esto define que los carbonos activados a base de este precursor son mesoporos y presentan positivas características adsorbentes con capacidad de adsorber moléculas de tamaño mediano como son colores y olores.

Coronado et al., (2016), realizaron una investigación donde compararon la elaboración de carbón activado utilizando semillas de *Attalea phalerata* por medios físicos. El estudio involucró la variación de diferentes variables, como la temperatura de activación (800, 900, 1000 °C), la granulometría (-10/+20 y -30/+40), y el tiempo de activación (10, 20, 30 minutos). Después de evaluar los carbonos producidos, se determinó que los carbonos con una granulometría más fina (-30/+40), activados a 900 °C durante 30 minutos, mostraron un alto potencial de sorción de azul de metileno, con valores promedio de sorción de 90,4% y 99,4% para las granulometrías -10/+20 y -30/+40, respectivamente.

Ruiz y Orbegoso, (2019), llevaron a cabo una investigación para evaluar la capacidad de los carbonos activados producidos a partir de semillas de aguaje y endocarpio de coco en la remoción de DBO₅. Se carbonizó cada materia prima a diferentes temperaturas (500 °C, 600 °C, 700 °C), utilizaron H₃PO₄ al 85% como agente activante, 30 minutos en el proceso de carbonizado. Los resultados mostraron una remoción del 100% de DBO₅ utilizando endocarpio de coco a 600 °C y semilla de aguaje a 500 °C.

En su estudio, Machacuay, (2021), evaluó la efectividad del carbón activado preparado a partir de semillas de *Eucalyptus globulus* y aplicado en aguas de la laguna Huasacocha que tiene presencia de Pb (II). Esta laguna recibe aguas contaminadas de la actividad minera sin tratamiento previo, y las muestras analizadas revelaron concentraciones de plomo (II) que superaban los límites permitidos. Se realizaron experimentos utilizando distintas dosis de carbón activado, temperaturas 10 °C, 15 °C, 30 °C y tiempos de contacto de 60,90,120 minutos en ensayos de jarras. Los resultados mostraron una remoción óptima del 90,53%, 96,84% y 95,79% para diferentes condiciones, respectivamente, tanto para el plomo como para otros metales pesados. La investigación determinó que el

carbón activado a base de semillas de eucalipto, pueden ser empleadas en el tratamiento de aguas con presencia de metales pesados, y principalmente en plomo (II).

En un artículo de investigación, Chen et al. (2013), utilizaron aserrín de eucalipto como precursor y NaOH como agente activante para la preparación de CA mediante activación química. El estudio investigó las condiciones óptimas de preparación del carbón activado mediante la evaluación del rendimiento, isotermas de adsorción de N₂, ecuaciones de Brunauer-Emmett-Teller y Barrett-Joyner-Halenda, microscopía electrónica de barrido y análisis de infrarrojo por transformada de Fourier. Las condiciones optimizadas para la preparación del CA fueron una relación de masa de NaOH a aserrín de eucalipto de 1, 2.

En su estudio De la cruz (2018), evaluó la eficacia del bagazo de caña activado con ácido fosfórico en la bioadsorción de Pb presente en las aguas del Río Chillón, Puente Piedra, Lima, durante el año 2018. Para lograr esto, se recolectaron muestras a lo largo del río con el objetivo de identificar la concentración de Pb, en el proceso de tratamiento, el bagazo de caña fue secado, triturado y carbonizado a una temperatura de 400 °C. Posteriormente, se activó con ácido fosfórico en concentraciones del 21%, 50% y 80%.

Se tomaron 9 muestras de 500 ml, cada una con 3 repeticiones, para un total de 10 muestras en el laboratorio. Durante el proceso de tratamiento, se agitó el CA (0.2 g por cada 100 ml de agua a tratar), permitiendo que actuara durante 40 minutos antes de decantar durante 15 minutos. Finalmente, las muestras tratadas fueron filtradas y envasadas para su posterior análisis mediante espectrometría, con el fin de determinar las concentraciones iniciales y finales de plomo. La concentración inicial de Pb se registró en 0.252 mg/l.

Tras el tratamiento con diferentes concentraciones de activación, resaltando el más importante a concentración del 80%, llegando a reducir hasta 0.017 mg/de plomo se observó una eficacia de hasta el 90%. Esto indica una notable capacidad de bioadsorción de plomo por parte del bagazo de caña activado con ácido fosfórico.

En la investigación realizada por Gordillo y Malca en 2019, el objetivo principal consistió en examinar las características físicas, químicas y biológicas de las aguas residuales provenientes del dren 2000, que son vertidas en el área intermareal del distrito de San José – Lambayeque, así como evaluar su impacto. Para llevar a cabo este estudio, se establecieron 7 estaciones de muestreo, de las cuales 3 se ubicaron a lo largo del recorrido del dren 2000 (E1, E2 y E3) y 4 en el área intermareal de San José (E4, E5, E6, E7).

Entre los hallazgos destacados se encuentra la presencia de metales pesados que exceden los límites máximos permitidos y los estándares de calidad del agua. De las 7 estaciones analizadas, 3 superan los Límites Máximos Permisibles (LMP), como es el caso de la E3, que presentó valores de 0,0560 y 0,0600 mg/L. Además, se observó que las estaciones E5 y E6 registraron los niveles más elevados de plomo, oscilando entre 0,0910 y 0,0910 mg/L. También se identificó la presencia de otro metal pesado, como el mercurio, tanto en parámetros fisicoquímicos como microbiológicos, así como elevados niveles de conductividad eléctrica y coliformes totales y coliformes termo tolerantes. Todos estos parámetros excedieron los valores normales establecidos en el decreto supremo N° 015-2015-MINAM.

Mientras tanto Rosales y Quevedo (2019), en su tesis titulada “Adsorción con carbón activado obtenido de la semilla de aguaje para la remoción de plomo y cromo en aguas contaminadas”, desarrollo la elaboración del CA a partir de la semilla de aguaje para absorber metales pesados, tuvo como factores muy importantes como el agente activante la temperatura de carbonización dosis óptima del carbón activado, así como el método a utilizar para el proceso de adsorción, se trabajó con ácido fosfórico al 85% como agente activante, temperatura de carbonización de 600 °C, dosis de 0.25 g, 0.5 g, 0,75 g, 1 g, 1,25 g, 1,5 g) para esto se utilizó la prueba de jarras, por un tiempo de 3 horas a 300 rpm.

La muestra inicial de plomo fue de 2.39 y 2.47 mg/l y para cromo 2.32 y 2.57 mg/l, realizo su tratamiento y en relación a sus resultados se evaluó la capacidad de adsorción, resultandos positivos, logrando identificar la cantidad adecuada para la eliminación tanto de Pb como de Cr es de 0.5 g. obteniendo un porcentaje de

remoción promedio de 80.22%, la cantidad óptima para la remoción del Pb es de 1.5 g removiendo un 97.14 %.

Mauritia flexuosa L., El aguaje es un frutal amazónico que mayormente se encuentran en zonas pantanosas, lo más importante del aguaje es su fruto, ya que dispone mesocarpio rico en yodo mineral, además a nivel mundial es la segunda especie en cuanto ha contenido de vitamina A, considerado también antioxidante natural. La planta de aguaje puede alcanzar rendimientos de 15 a 20 t/ha. (INIA,2006)

El aguaje pertenece a la familia Arecaceae (Palmae), su cultivo principalmente se desarrolla en américa del sur, se define por ser una de las palmeras más adsorbentes más representativas, ocupa áreas abiertas e inundables, pueden llegar a medir hasta los 40 metros de altura, aunque predominan los especímenes de 20 a 25 m. (VTiC,2018)

Tabla 01. Clasificación taxonómica de *Mauritia flexuosa*

Reino	Vegetal
División	Fanerógamas
Clase	Monocotiledónea
Subclase	Liliopsida
Orden	Arecales
Familia	Acerácea
Subfamilia	Calamaoideae
Tribu	Lepidocaryeae
Género	Mauritia
Especie	<i>Mauritia flexuosa</i>

Fuente: Elaboración propia

Mauritia flexuosa es una planta perteneciente a la familia Arecaceae, Bonesso y Roberto (2012) describe que la hoja está compuesta por capemba (vaina), tallo (pecíolo) y paja (lámina), su fruto tiene forma elíptica u ovalada, cubierto por un pericarpio (corteza). El mesocarpio (pulpa o masa) es delgado, amarillento o anaranjado, carnoso y aceitoso, la pulpa tiene un pH entre 4,7, el endocarpio del fruto está constituido por un tejido esponjoso, sus características son delgado, color

blanco o amarillento, con alto contenido de celulosa, el endospermo o semilla es muy duro, ovoide, tiene un promedio de 2,5 cm de diámetro, ocupando la mayor parte de volumen del fruto.



Figura 01. Tallo y hoja de *Mauritia flexuosa*

Fuente: Naturalbioconservation

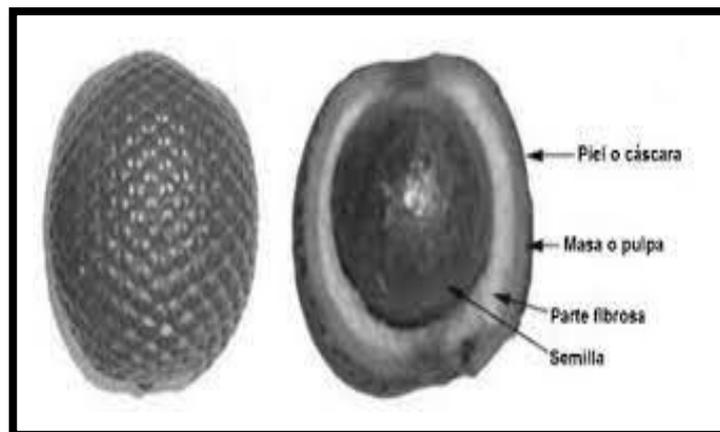


Figura 02. Estructura del fruto *Mauritia Flexuosa*

Fuente: Ministerio de la producción

Luna et al., (2007, define al carbón activado como material adsorbente por presentar versatilidad, en su composición, tamaño y la distribución de sus poros en la estructura carbonosa, actualmente soy muy útiles y pueden complacer las distintas necesidades de la tecnología presente y futura, el CA es elaborado a base de materiales precursores como desechos orgánicos de madera, corteza de granos de fruto y turba, estos precursores presentan un alto contenido en carbono.

Rodríguez y Molina, (2002), describen el carbón activado como un material elaborado en las industrias con una alta superficie interna para así lograr tener un material adsorbente de una gran cantidad de compuestos, tanto de manera gaseosa así como en disolución, Las características fundamentales que sustentan la aplicación del carbón activado son su capacidad destacada para eliminar sustancias, que se debe a su superficie interna considerablemente amplia, así como a su porosidad y distribución de tamaño de los poros, lo cual desempeña un papel crucial. Esto hace que el carbón activado sea adecuado para lograr una capacidad de adsorción elevada.

Carrillo et al.,2013, precisa su importancia y su amplia utilización del carbón activado como adsorbente y soporte catalítico, esto gracias a su alta área superficial y porosidad, así mismo su utilización para eliminar olor y sabores de aguas contaminadas, remoción de contaminantes orgánicos e inorgánicos presentes de manera acuoso o gaseoso.

Hay dos tipos de CA que se clasifican según su tamaño:

Carbón activado en polvo (CAP), se caracteriza por tener un tamaño inferior a 100 nm, siendo los tamaños más comunes de alrededor de 15 nm y 25 nm y carbón activado granular (CAG): Se muestra en partículas con tamaños que oscilan entre 1 mm y 5 mm. El CAG se subdivide en 2 categorías: carbón activado troceado que se obtiene mediante molienda y tamizado, las partículas no tienen una forma definida y carbón activado conformado estos se produce mediante paletización o extrusión de carbón en polvo unido con otros aglomerantes. Estos carbones activados adquieren formas específicas, como discos o cilindros.

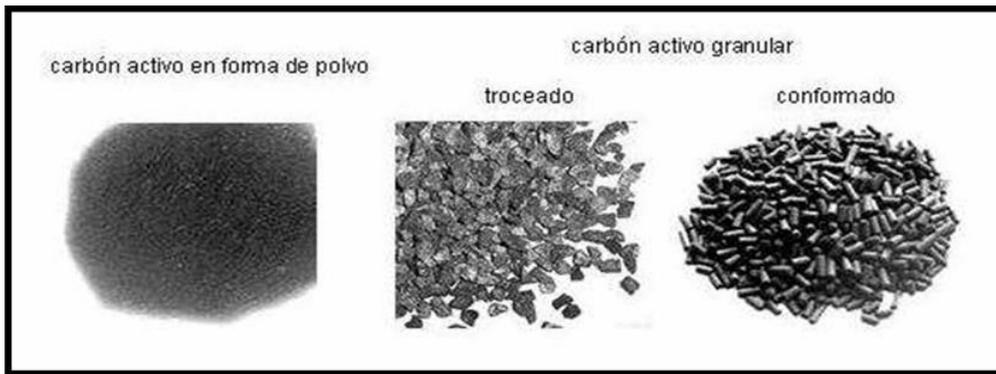


Figura 03. Tipos de carbón activado

Fuente: Ministerio de la producción

Dentro de su estructura, los CA se caracterizan por tener un sistema de poros ramificados internamente, los cuales se clasifican en distintos tamaños. Estos tamaños son mesoporos (con un diámetro de 2 a 50 nm), microporos (con un diámetro de 0,8 a 2,0 nm) y sub microporos (con un diámetro menor o igual a 0,8 nm). Los poros se ramifican en microporos con diámetros mayores o iguales a 50 nm.

Para la producción de CA, se aprovecha como precursores a materiales con contengan contenido de carbono, principalmente, semillas, cáscara de frutos, madera, Hay dos maneras de producir CA mediante activación física y química.

Soto (2007), define que la porosidad de los carbones elaborados por medio de activación física es el efecto de la gasificación de la materia carbonizada a temperaturas altas, sin embargo en la activación química la porosidad se efectúa mediante el resultado de deshidratación química, mediante a temperaturas no muy elevadas, el termino activación establece la multiplicación de la cantidad de poros de un carbón para tener contextura ampliamente porosa para que se pueda desarrollar procesos de adsorción en diversas aplicaciones.

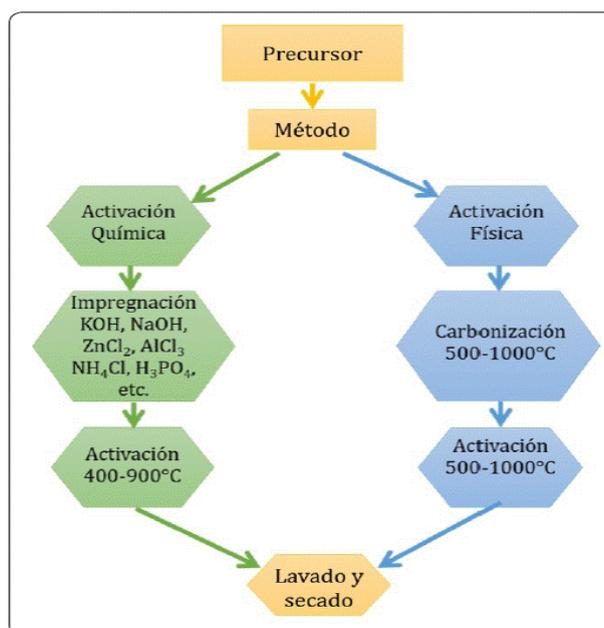


Figura 04. Esquema de comparación de activación física y activación química

Fuente: Carrillo Quijano, 2013

Tabla 02. Ventajas y desventajas de activación química y física

Métodos	Ventaja	Desventaja
Activación química	<ul style="list-style-type: none"> -Brinda altos rendimientos -Su activación se desarrolla a T° bajas entre 400 a 900 °C. -Desarrolla más tiempo para su activación. -Porosidad alta 	<ul style="list-style-type: none"> -Costo elevado. -Realizar lavado después del proceso de carbonizado para deshacerse de residuos activantes.
Activación física	<ul style="list-style-type: none"> -Bajo costo 	<ul style="list-style-type: none"> -Requiere mayor temperatura (500-1000°C). -Requiere mayor tiempo de activación.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 03. Análisis de la eficiencia de carbón activado a base de semilla de aguaje y otras materias primas

Autores	Título	Precursor	Aplicación	Efectividad
(Sun-Kou, Obregon, Pinedo, Paredes y Aylas, 2014)	“Adsorción de metales pesados empleando carbones activados preparados a partir de semillas de aguaje”	Semilla de aguaje (<i>Mauritia flexuosa.L</i>)	Adsorción de metales pesados: Plomo, Cadmio y Cromo	Mayor efectividad en plomo (74.8 mg g)
(Obregón, Acosta, Sun-Kou y Dias, 2020)	“Remoción de Mercurio empleando Carbón activado reparado a partir de Aguaje (<i>Mauritia Flexuosa</i>)”	Aguaje (<i>Mauritia flexuosa.L</i>)	Adsorción de metales pesados: Mercurio	Mayor efectividad con activante nitrato de manganeso
(Obregón y Sun-Kun, 2014)	“Estudio comparativo de adsorción de cadmio en carbón activado preparado a partir de aguaje (<i>Mauritia flexuosa</i>) y hueso de olivo (<i>Olea europaea L.</i>)”	Aguaje (<i>Mauritia flexuosa.L</i>) olivo (<i>Olea europaea L.</i>)	Adsorción de metales pesados: Cadmio	Mayor capacidad de adsorción de Aguaje (26.33 mg/g) Olivo (24,83 mg/g)
(Anisuzzaman, SM, Joseph, CG, Daud, WMABW et al. 2014)	“Preparación y caracterización de carbón activado a partir de hojas de <i>Typha orientalis</i> ”	<i>Typha orientalis</i>	Adsorción de metales pesados: Plomo	Mayor efectividad en plomo 7,95 mg/g

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 03 se compara diferentes tipos de carbón activado, incluyendo aquel elaborado mediante la semilla del aguaje (*Mauritia flexuosa*). En el artículo de Sun-Kou, Obregón, Pinedo, Paredes y Aylas en 2014, utilizaron la semilla del aguaje como materia prima para la fabricación de CA. El ácido fosfórico se empleó como agente activante en este proceso. Se llevaron a cabo pruebas de adsorción de cadmio, plomo y cromo, y se encontró que la mayor capacidad de sorción se logró en la prueba AG0,75_600, utilizando soluciones con un pH superior a 4. Los resultados obtenidos fueron los siguientes en Pb 74,8 mg/g, cadmio 26,5 mg/g, y cromo 18,8 mg/g Los factores fundamentales que determinaron en la capacidad de sorción fueron la estructura porosa, acidez superficial del CA y el pH de la solución.

En otro estudio realizado por Obregón, Acosta, Sun-Kou y Dias en 2020, se utilizó CA a base de semilla de aguaje para la remoción de mercurio. En este caso, se agregó carbón activado modificado con óxido de manganeso para comparar su capacidad de adsorción con la del carbón sin modificar. Se concluyó que la modificación de los carbones con óxido de manganeso resultó en un incremento del punto de carga cero, lo que mejoró la eficacia de adsorción del mercurio, superando así el punto de carga cero de los carbones sin modificar.

En el estudio de Obregón y Sun-Kou en 2014, se analizó el efecto de la adsorción utilizando semillas de aceituna y semillas de aguaje. Los resultados indican que los carbones activados con mayor índice de adsorción fueron aquellos elaborados a partir de la semilla de aguaje, en particular la muestra 75_600 (26,33 mg/g) a pH 5, lo que sugiere que las semillas de aguaje son un precursor prometedor para la producción de CA con fines de tratamiento de agua.

En un estudio adicional realizado por Anisuzzaman, SM, Joseph, CG, Daud, WMABW y otros en 2014, se investigó el CA elaborado a partir de hojas de totora (*Typha orientalis*) utilizando activación física y química con ácido fosfórico. Se encontró que la capacidad máxima de adsorción del CA a base de *Typha orientalis* fue de 7,95 mg/g en plomo.

En resumen, se han realizado diversos estudios sobre el carbón activado utilizando diferentes materias primas, como la semilla del aguaje, la semilla de aceituna y las hojas de totora. Estos estudios han probado la capacidad de adsorción de metales pesados y otros contaminantes por parte del CA, y han identificado factores como su pH de la solución, la estructura porosa y la modificación con otros compuestos como el óxido de manganeso que pueden influir en su eficacia de adsorción.

El plomo, siendo un metal no esencial, se encuentra ampliamente distribuido, detectándose en prácticamente todas las etapas del entorno inerte y en todos los sistemas biológicos. En los últimos tres siglos, los niveles de Pb en el medio ambiente han experimentado un aumento significativo, superando más de 1000 veces, con el mayor incremento observado entre los años 1950 y 2000, principalmente como resultado de la actividad humana.

Las aguas residuales son el resultado del uso humano como el hogar, la industria y la agricultura. Estas aguas, que provienen de actividades como lavado, descarga de inodoros, procesos industriales y prácticas agrícolas, presentan una combinación de líquidos y sólidos. Contienen contaminantes que abarcan sustancias químicas, microorganismos patógenos y materia orgánica, lo que hace esencial el tratamiento previo a su retorno al medio ambiente o a su reutilización.

Los metales pesados son componentes químicos que, en ciertas condiciones, pueden tener efectos tóxicos en organismos vivos. Estos elementos tienen una densidad relativamente alta y, a menudo, exhiben propiedades metálicas como conductividad eléctrica y brillo. Algunos de los metales pesados más comúnmente que se asocian a la contaminación ambiental son el plomo (Pb), mercurio (Hg), cadmio (Cd), cromo (Cr), y zinc (Zn) en ciertos contextos. Enciclopedia Británica, Inc. (2021).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Fue de tipo aplicada con enfoque cuantitativo, ya que mediante bases teóricas se buscó resolver problemas prácticos, basándose en hallazgos, descubrimientos, soluciones que se planteó en los objetivos de estudio y mejorar la toma de decisiones mediante guías, protocolos, metodología y tecnologías (Arias y Covinos, 2021). En nuestro caso se evaluó la eficacia del CA utilizando semilla de aguaje (*Mauritia flexuosa*) en la remoción de plomo en aguas del dren 2000.

El diseño de investigación fue experimental pues Agudelo y Aignerren, (2008), definen al diseño de investigación experimental como el manejo interaccional entre una o más variables independientes, en nuestro caso siendo la variable independiente (eficacia del carbón activado a base de semilla de *Mauritia flexuosa*), la que es considerada como supuesta causa en relación del efecto a la cual se le denomina variable dependiente, la cual viene a ser remoción de plomo en aguas del dren 2000.

3.2. Variable y operacionalización

Independiente: Eficacia del carbón activado utilizando de semilla de *Mauritia flexuosa*

Dependiente: Remoción de plomo en aguas del dren 2000

3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis

3.3.1. Población

Es un grupo de elementos que comparten una característica común, la cual es limitada por el investigador según el análisis de la problemática de investigación (Arias y Covinos, 2021). En esta investigación consideramos a las semillas de aguaje provenientes del mercado de la ciudad Nueva Cajamarca.

- **Criterios de inclusión:**
 - Semillas de aguaje recolectadas del mercado Nueva Cajamarca.
 - Agua del dren 2000.
- **Criterios de exclusión:**
 - Semillas de aguaje provenientes de otras ciudades.
 - Aguas contaminadas provenientes de otros drenes.

3.3.2. Muestra

Es una parte representativa de la población de interés de la investigación, la cual debe ser representativa de la población para que se pueda generalizar los resultados que se logren obtener en la muestra (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2018), se consideró 1,0 kg de semilla aguaje recolectados del mercado Central de Nueva Cajamarca.

3.3.3. Muestreo

Es una técnica para recoger la muestra, para encontrar una muestra representativa a base de criterios o formulas estadísticas, en nuestro caso se trabajó con un muestreo no probabilístico por conveniencia sistemático, es aquel que nos permite seleccionar una muestra de la población de la que se es accesible, es decir la muestra que se emplea en la investigación se seleccionó debido a que está fácilmente disponible y por qué se sabe que pertenece a la población de interés, y no por que se haya utilizado un criterio estadístico. (Arias y Covinos, 2021). En nuestra investigación, la selección de semillas de aguaje se realizó de manera conveniente, acorde a la disponibilidad y accesibilidad de nuestra investigación.

3.3.4. Unidad de análisis

La unidad de análisis que se utilizó en nuestra investigación es 1 semilla de semilla de aguaje.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica que se utilizó en nuestra investigación es la observación, Según Matos (2008), define a esta técnica que implica el registro sistemático de comportamientos o conductas observables de manera válida y confiable. Es un proceso en el que la mente captura conscientemente un fenómeno interno o externo y lo registra de manera objetiva. Esta capacidad perceptiva permite desarrollar comportamientos de observación, curiosidad, reflexión, investigación y visualización de los sucesos tanto en el mundo exterior como en el mundo interior, también se utilizó una ficha de registro es un documento o formulario utilizado para recopilar y registrar información de manera estructurada y organizada. Esta herramienta se utiliza en diversos ámbitos, como la investigación, la gestión de proyectos, el seguimiento de procesos, entre otros. (Sampieri 2018)

3.5. Procedimientos

3.5.1. Análisis de la concentración de plomo en aguas residuales del dren 2000

Para el análisis de concentración de Pb presente en aguas residuales del dren 2000 se recogió una muestra aproximadamente a 500 metros antes del desemboque al mar, siguiendo la normativa técnica peruana 214.060-2016 donde detalla los protocolos para una adecuada toma de muestras dentro de ellas, una fácil accesibilidad al punto de muestreo además se debe asegurar que siempre haya un flujo constante y homogéneo, y se debe contar con una indumentaria apropiada al momento de la toma de muestras, estas muestras posteriormente se enviaron al laboratorio Environmental Testing Laboratory S.A.C, para determinar las concentraciones exactas del plomo.



Figura 05. Recolección de muestras de agua del dren 2000

Fuente: Elaboración propia

3.5.2. Caracterización de la materia prima

Previamente a la elaboración de CA se caracterizó la composición físicas y químicas del percusor en este caso la semilla de aguaje, para determinar si es óptima para la elaboración de carbón activado siguiendo la normativa American Society for Testing and Materials D 3174 – 04, cada uno se elaboró con 3 réplicas con el objetivo de minimizar el margen de error.

- Humedad

Para calcular el % de humedad de la semilla de aguaje se pesó 5g de semilla previamente triturada y se llevó a una estufa a una temperatura aproximada de 110 °C con la finalidad y se calculó con la siguiente ecuación:

$$\text{Humedad}\% = \frac{A - B}{A} \times 100$$

Donde:

A: Peso inicial

B: Peso final

- Material Volátil

Para determinar el porcentaje de material volátil utilizamos 4g de precursor, la cual se llevó a un horno mufla a una temperatura de 700°C por un periodo de 15 minutos, y se calculó con la siguiente formula:

$$\text{Material volátil}\% = \left[\frac{A - B}{A} \times 100 \right] - C$$

Donde:

A: Peso inicial

B: Peso final

C: Humedad

- Cenizas

Para evaluar el contenido en cenizas se pesó 5g de semilla que previamente se trituró y se puso en un crisol de porcelana y se llevó a un horno mufla a una temperatura de 700°C por un tiempo de 1 hora, y se determinó con la siguiente formula:

$$\text{Cenizas}\% = \left[\frac{A - B}{C} \times 100 \right] - D$$

Donde:

A: Peso de la cápsula y residuo de la ceniza (g)

B: Peso de la cápsula vacía (g)

C: Peso inicial del material precursor

D: Contenido en materia volátil

- Carbón Fijo

Se calculo con la siguiente fórmula

$$\text{Carbon fijo} = 100 - (\text{HR} + \text{CENIZA} + \text{MATERIA VOLÁTIL})$$

3.5.3. Proceso para la elaboración del carbón activado a base de semilla de *Mauritia flexuosa*

- Recolección de la muestra
- Obtención de la materia prima
- Pre secado
- Trituración Mecánica
- Limpieza del precursor
- Primer Lavado
- Primer Secado
- Limpieza de la materia prima
- Segundo lavado
- Segundo secado
- Impregnación del agente activante
- Carbonización
- Lavado
- Secado
- Molienda y tamizado
- Almacenamiento

3.5.4. Tratamiento de aguas residuales del dren 2000 utilizando carbón activado a base de semilla de aguaje

- **Prueba de jarras**

Para el proceso de adsorción de plomo se empleó un sistema batch, para lo cual se utilizó prueba de jarras, se trabajó en relación a los diferentes tipos de carbón activado que se obtuvieron a diferentes temperaturas A1(500 °C), B1(550 °C), C1(600 °C); se puso en contacto 500ml de agua residual del dren 2000 con diferentes dosis de masa de carbón activado (1 g, 1.5 g, 2 g), para llevar a cabo este proceso de adsorción se utilizó un aproximado de 10 litros de agua con presencia de plomo recolectada del dren 2000, teniendo en cuenta los tipos de carbón, la dosificación y las 2 réplicas, se obtuvo un total de

18 muestras las cuales se programaron a 300 rpm por un tiempo de tres horas con el fin de encontrar el equilibrio de adsorción.

Tabla 04. Dosis de carbón activado

Dosis	Tipo de carbón	Réplica 1	Réplica 2
Muestra 0		A1-A-R1	A1-A-R2
1 g(A)	A1(500 °C)	A1-B-R1	A1-B-R2
1.5 g(B)		A1-C-R1	A1-C-R2
2 g(C)		B1-A-R1	B1-A-R2
1 g(A)	B1 (550 °C)	B1-B-R1	B1-B-R2
1.5 g(B)		B1-C-R1	B1-C-R2
2 g(C)		C1-A-R1	C1-A-R2
1 g(A)	C1 (600 °C)	C1-B-R1	C1-B-R2
1.5 g(B)		C1-C-R1	C1-C-R2
2 g(c)		A1-A-R1	A1-A-R2

Fuente: Elaboración propia



Figura 06. Dosificación del carbón y proceso de adsorción mediante prueba de jarras

Fuente: Elaboración propia

- **Filtración mediante papel filtro**
- Después de las 3 horas en contacto se continuo con la separación del CA de las aguas ya tratadas mediante papel filtro y un embudo.



Figura 07. Filtración de las muestras de agua tratadas

Fuente: Elaboración propia

- **Análisis fisicoquímico post tratamiento**
Finalmente, se envió analizar al laboratorio Environmental Testing Laboratory S.A.C 18 muestras de agua tratada con CA, de la misma manera se envió una muestra de agua contaminada adicional sin tratar con el fin de tener presente las cantidades exactas iniciales y determinar el porcentaje de remoción de plomo que se logró.

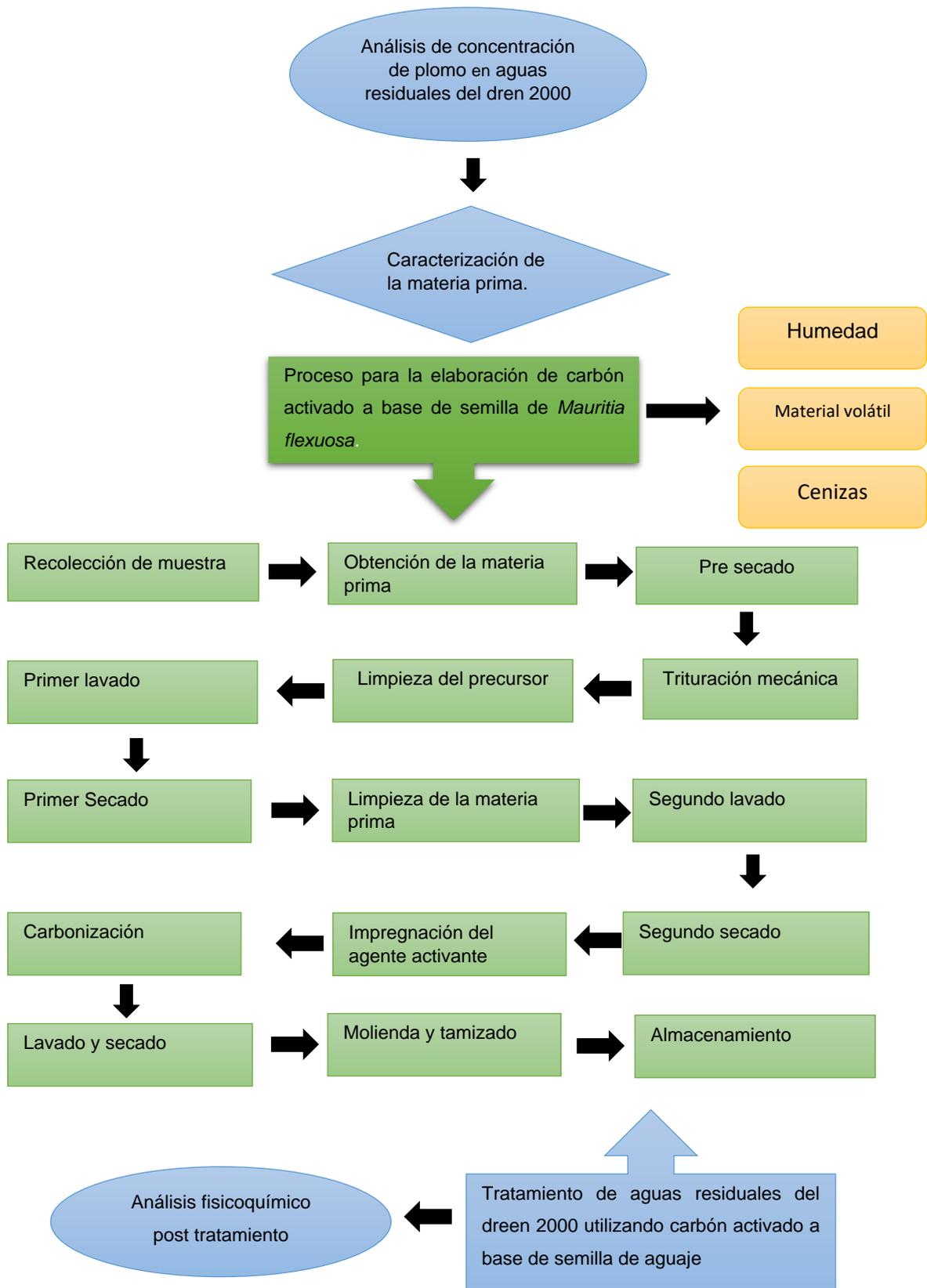


Figura 08. Flujograma del proceso de elaboración del carbón a partir de *Mauritia flexuosa*

Fuente: Elaboración propia

3.6. Método de análisis de datos

Para analizar los datos que se obtuvieron en esta investigación se utilizarán gráficos y tablas mediante el software Microsoft Excel.

3.7. Aspectos éticos

Durante la presente investigación se tomó en cuenta aspectos éticos centrados en el respeto a la autenticidad de información a través del citado correcto utilizando ESTILO ISO 690 y se cumplirá las reglas básicas de salud, seguridad e higiene en los laboratorios de biotecnología durante todo el procedimiento de la elaboración del CA a base de semilla de aguaje.

IV. RESULTADOS

4.1. Resultados de la concentración inicial de plomo (Pb) en aguas del dren 2000

Para determinar la concentración inicial de Pb se envió una muestra recolectada del dren 2000 al laboratorio Environmental Testing Laboratory S.A.C, donde se obtuvo el siguiente resultado.

Tabla 05. *Resultado de la concentración inicial de plomo*

Código de muestra	Concentración de plomo (mg/L)
AR-01	0.678

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 5 se observa las concentraciones iniciales de Pb presente en las aguas residuales del dren 2000 que es de 0.678 mg/L.

4.2. Resultados de la caracterización del precursor

4.2.1. Humedad

Tabla 06. *Resultado del porcentaje de humedad*

Réplica	% de humedad
R1	9.098
R2	9.252
R3	8.920
Promedio	9.09

Fuente: Elaboración propia

4.2.2. Material volátil

Tabla 07. *Resultado del porcentaje de material volátil*

Réplica	% de material volátil
R1	78.7617
R2	79.3317
R3	78.8642
Promedio	79.986

Fuente: Elaboración propia

4.2.3. Contenido en cenizas

Tabla 08. Resultado del porcentaje de contenido en cenizas

Réplica	% de cenizas
R1	1.684
R2	1.496
R3	1.596
Promedio	1.59

Fuente: Elaboración propia

4.2.4. Carbón fijo

Tabla 09. Resultado del porcentaje de carbón fijo

Réplica	% de carbón fijo
R1	10.4563
R2	9.9203
R3	10.6198
Promedio	10.33

Fuente: Elaboración propia

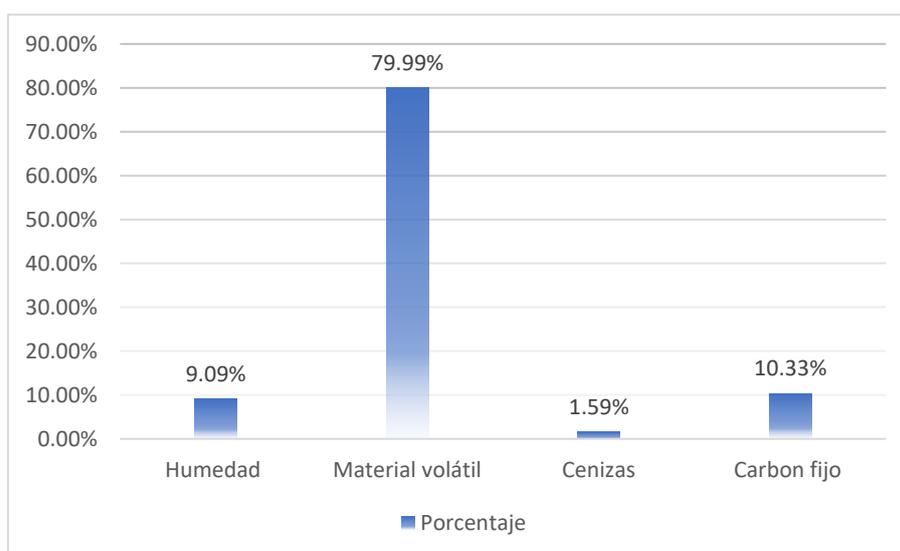


Figura 09. Porcentaje de la caracterización de la materia prima

Fuente: Elaboración propia

En la figura 09 se puede identificar los porcentajes finales de la caracterización de la materia prima de semilla de aguaje, donde se observa que tiene un alto contenido en material volátil de 79.99% seguidamente, el contenido en carbón fijo es de un 10.33%, de igual manera un 9.09% contenido de humedad, por último, un 1.59% de contenido en cenizas.

4.3. Resultados de la elaboración del carbón activado a base de *Mauritia flexuosa*

4.3.1. Recolección de muestra

El fruto de aguaje (*Mauritia flexuosa*) se recolectó del mercado del distrito Nueva Cajamarca provincia de Rioja en la región San Martín.



Figura 10. Recolección de la muestra

Fuente: Elaboración propia

4.3.2. Obtención de la materia prima

Para obtener la materia prima la cual fue utilizada para elaborar nuestro carbón activado, separamos su endocarpio(cáscara), de igual manera la pulpa del fruto y se eliminó cualquier residuo orgánico que está presente en este y finalmente se obtuvo la semilla del aguaje, de la cual se utilizó 0,5 kg.



Figura 11. Separación de la cáscara y la pulpa de la materia prima

Fuente: Elaboración propia

4.3.3. Pre secado

La semilla de *Mauritia flexuosa* se puso a secar a temperatura ambiente en un lugar apropiado donde pueda llegar el sol. Tiempo de pre-secado 10 días.



Figura 12. Pre-secado de la materia prima

Fuente: Elaboración propia

4.3.4. Trituración Mecánica

Posteriormente se continuó con la trituración mecánica, las semillas se trituraron en partes pequeñas donde se utilizó una sierra (cuchillo) y un molino de cuatro aspas, para poder obtener partículas homogéneas, esto permitió tener un mejor secado de la materia prima.

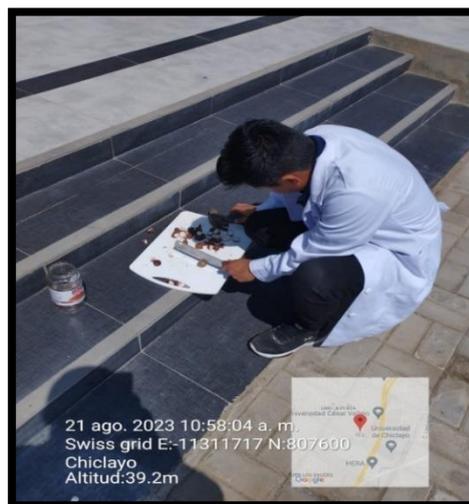


Figura 13. Trituración mecánica

Fuente: Elaboración propia

4.3.5. Limpieza del precursor

Posteriormente la materia prima fue puesta en contacto con una solución de hidróxido de sodio NaOH_3 a 0.2M por una duración de tres horas, con la intención de eliminar cualquier impureza que pueda estar presente en esta.

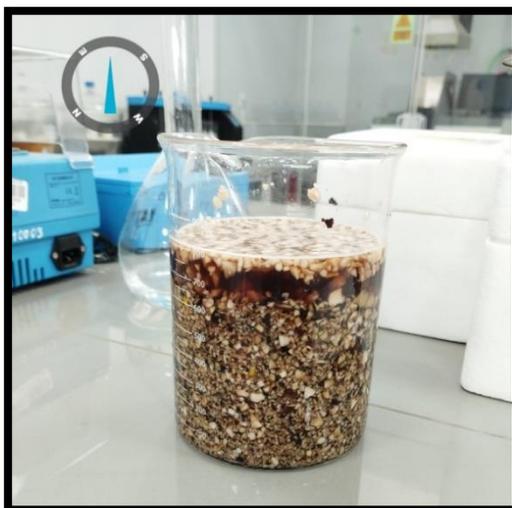


Figura 14. Limpieza de materia prima

Fuente: Elaboración propia

4.3.6. Primer Lavado

Después de tres horas de sumergida la materia prima en el NaOH_3 se tuvo a bien lavar con abundante agua destilada.



Figura 15. Lavado de materia prima

Fuente: Elaboración propia

4.3.7. Primer Secado

Para el secado se utilizó una estufa, en la cual se introdujo la materia prima por un periodo de 2 horas a una temperatura aproximada de 110 °C esto con el objetivo de eliminar la humedad presente en su interior.



Figura 16. Secado de materia prima

Fuente: Elaboración propia

4.3.8. Limpieza de la materia prima

Como siguiente paso se sumergió la materia prima en una solución de NaOH_3 a 0.1 M por un periodo de 20 minutos para que no quede ninguna impureza presente en la superficie de la materia prima.

4.3.9. Segundo lavado

Pasado los 20 minutos de que se sumergió en NaOH_3 se retiró la materia prima y se procedió a lavar con abundante agua destilada.

4.3.10. Segundo secado

La materia prima se llevó a una estufa para el segundo secado a una temperatura aproximada de 110 °C por tiempo de 3 horas y así quedé lista para el proceso de impregnación con el agente activante.

4.3.11. Impregnación del agente activante

La materia prima resultante del segundo secado fue de 240 g de precursor la cual se trabajó con el agente activante para lo cual se utilizó ácido fosfórico al 85% en relación gramos de agente activante/gramos de precursor (1,0 g H_3PO_4 /g precursor), por lo cual para 240 g de materia prima se le agregó 250 g de H_3PO_4 y 500 ml agua desionizada por un periodo de tiempo de impregnación de 24 horas.



Figura 17. Impregnación con agente activante

Fuente: Elaboración propia

4.3.12. Carbonización

El precursor después de su impregnación se procedió a separar en tres tipos de carbón activado (CA-1, CA-2, CA-3) los cuales se carbonizarán a diferentes temperaturas, 500, 550 Y 600 respectivamente por un tiempo de una hora, para este proceso se utilizó un horno mufla.



Figura 18. Carbonización de la materia prima

Fuente: Elaboración propia

4.3.13. Lavado

Después del proceso de carbonizado se procedió a lavar el carbón con agua destilada para regularizar su pH.

4.3.14. Secado

Seguidamente el carbón activado después de lavarlo se procede a secarlo en una estufa a temperatura de 110°C, por 1 hora de tiempo.



Figura 19. Secado del carbón activado

Fuente: Elaboración propia

4.3.15. Molienda y tamizado

El proceso de molienda se realizó con el apoyo de un mortero con el objetivo de acortar el tamaño de las partículas del carbón activado y

que sea de forma granular y homogéneo, seguidamente se pasó por un tamiz de malla #60 para obtener una granulometría adecuada.



Figura 20. Molienda y tamizado del carbón activado

Fuente: Elaboración propia

4.3.16. Almacenamiento

Logrado el proceso de CA a partir de aguaje (*Mauritia flexuosa*), se almacenó para seguidamente emplearlo en el tratamiento para la reducción de plomo en aguas residuales del dren 2000



Figura 21. Almacenamiento del carbón activado

Fuente: Elaboración propia

4.4. Resultados del análisis fisicoquímico post tratamiento de las aguas contaminadas del dren 2000

4.4.1. pH del carbón activado a tres temperaturas diferentes

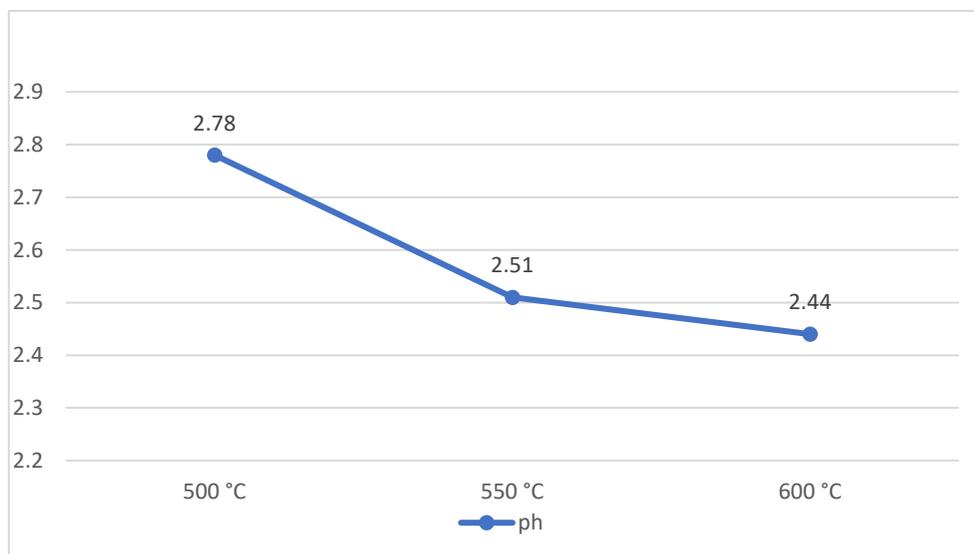


Figura 22. pH del carbón activado

Fuente: Elaboración propia

En la figura 22 se muestra el CA que se elaboró a una temperatura de 500 °C tiene un pH de 2.78, mientras tanto a T° de 550 se obtuvo un pH de 2.51 y finalmente a T° de 600 un pH de 2.44.

4.4.2. pH de las muestras de agua post tratamiento

Tabla 10. pH de las muestras de agua post tratamiento

Carbón	pH del carbón	Dosis	pH inicial	pH replica 1	pH replica 2	pH final
A1	2.78	1 g	7.00	6.87	6.94	6.905
		1.5 g	7.00	6.78	6.81	6.79
		2 g	7.00	6.63	6.67	6.65
B1	2.51	1 g	7.00	6.55	6.58	6.565
		1.5 g	7.00	6.44	6.49	6.465
		2 g	7.00	6.38	6.33	6.355
C1	2.44	1 g	7.00	6.20	6.15	6.175
		1.5 g	7.00	6.09	6.04	6.065
		2 g	7.00	5.90	5.89	5.895

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 10 se muestra una disminución del pH en las muestras de agua después de haberlas sometido al tratamiento de adsorción mediante el equipo prueba jarras, esta disminución se debe al pH del carbón activado el cual es ácido, lo que influye en una disminución del pH del agua tratada.

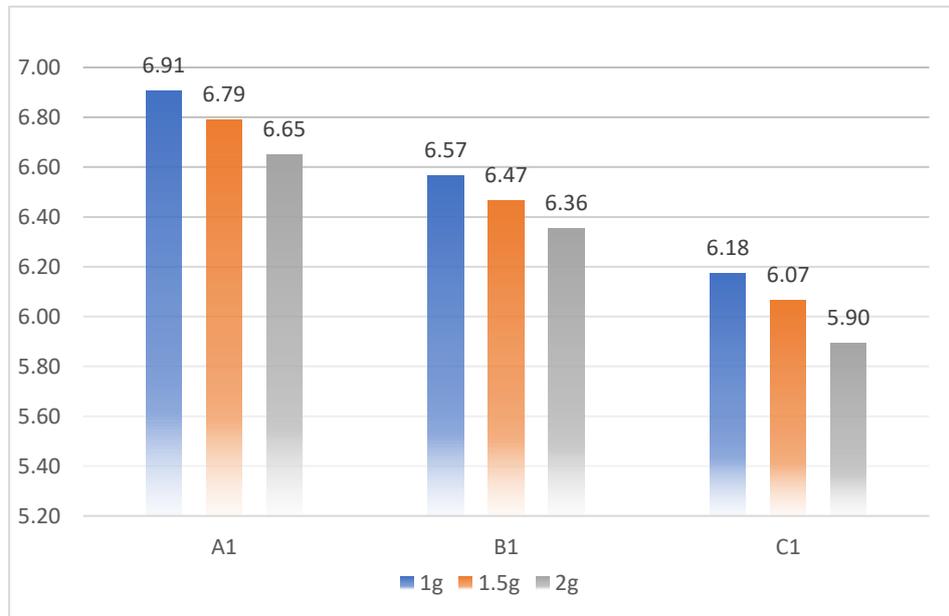


Figura 23. pH de las muestras de agua post tratamiento

Fuente: Elaboración propia

En la figura 23 se presentan los resultados del pH del agua después del tratamiento con los 3 tipos de carbón activado (A1, B1, C1) y las 3 dosis (1 g, 1.5 g, 2 g), en la cual se observa que en el carbón A1 con dosis 1 g, 1.5 g, 2 g se obtuvo un pH 6.91, 6.79, 6.65 respectivamente, mientras que para el carbón B1 con igual dosificación se obtuvieron pH de 6.57, 6.47, 6.36 respectivamente, y por último con el carbón C1 se obtuvo los siguientes resultados de pH; 6.18, 6.07, 5.90.

4.4.3. Resultados de las concentraciones de plomo (Pb) post tratamiento

Tabla 11. *Resultados de las concentraciones de plomo post tratamiento*

Carbón	Dosis	Concentración final de plomo mg/L		
		Replica 1	Replica 2	Promedio
AR-0	-	-	-	0.7240
A1	1 g	0.100	0,115	0.1075
	1.5 g	0.111	0.105	0.1080
	2 g	0.109	0.102	0.1055
B1	1 g	0.132	0,168	0.1500
	1.5 g	0.172	0.175	0.1735
	2 g	0.170	0.170	0.1700
C1	1 g	0.154	0.159	0.1565
	1.5 g	0.158	0.156	0.1570
	2 g	0.156	0.154	0.1550

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla N°11 se observan las concentraciones de plomo (mg/L) de la muestra de agua sin tratar el cual contiene una concentración de 0.724 mg/L así mismo los resultados de las 18 muestras de agua tratada mediante el equipo prueba de jarras utilizando los carbones activados elaborados a tres temperaturas diferentes (A1, B1, C1) y con las 3 dosis de masa de CA, para las muestras de agua tratada con el carbón A1 se obtuvo la menor concentración de plomo la cual fue de 0.1055 mg/L utilizando 2 g de CA y para el agua tratada con el CA B1 se obtuvo una menor concentración con la dosis de 1 g la cual fue 0.15 mg/L, por ultimo las muestras tratadas con el CA C1 la menor concentración se obtuvo con una dosis de 2 g siendo 0.155 mg/L.

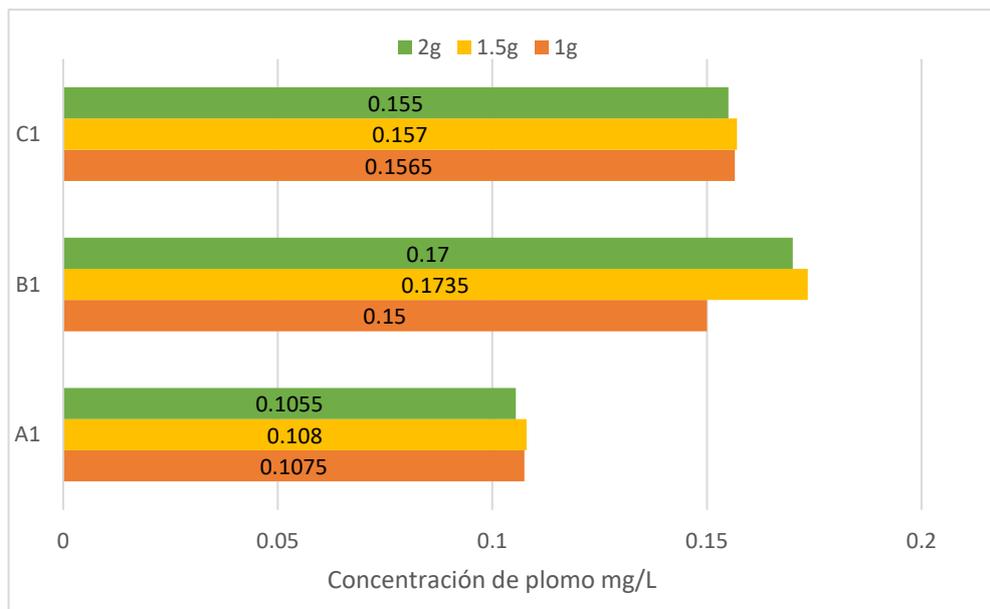


Figura 24. Concentraciones finales de plomo en muestras de agua tratadas

Fuente: Elaboración propia

En la figura 24 se muestran el promedio de la concentración de plomo (mg/L) de las 2 réplicas analizadas para cada tipo de CA con su dosificación respectiva, para el carbón A1 con dosificación de 1 g de masa de carbón activado.

4.4.4. Porcentaje de reducción de las concentraciones de plomo (Pb) en aguas contaminadas del dren 2000

Tabla 12. Porcentaje de reducción de concentraciones de plomo

Carbón	Dosis	% de reducción
A1	1 g	85.15
	1.5 g	85.08
	2 g	85.42
B1	1 g	79.28
	1.5 g	76.04
	2 g	76.52
C1	1 g	78.38
	1.5 g	78.31
	2 g	78.59

Fuente: Elaboración propia

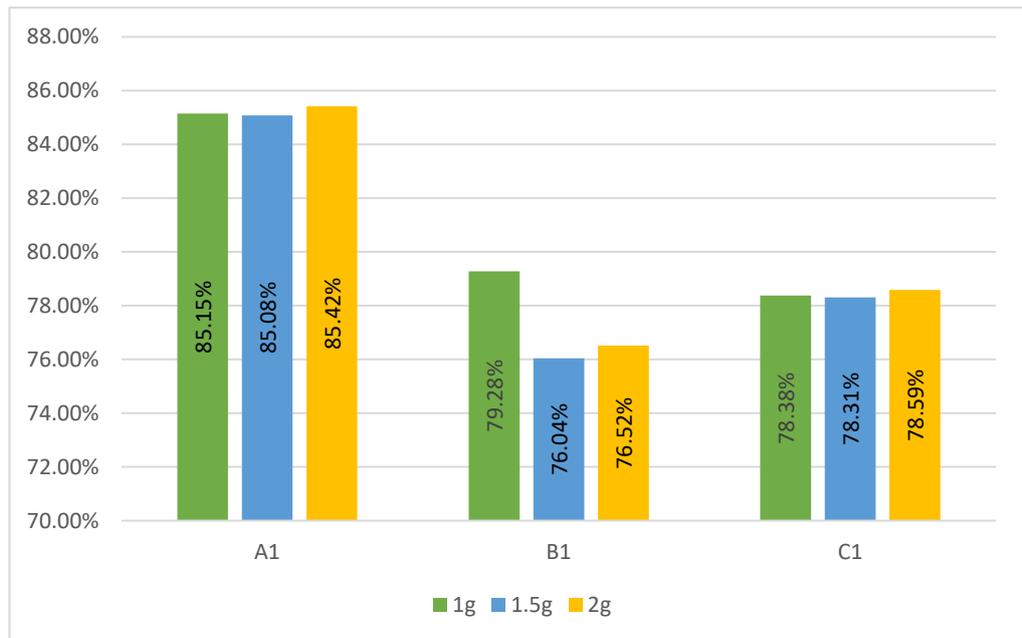


Figura 25. Porcentaje de reducción de concentraciones de plomo

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 12 y la figura 25 observamos el porcentaje de remoción que se logró utilizando los 3 tipos de CA elaborados base de semilla de agujaje en aguas contaminadas de plomo del dren 2000. Para el CA A1 se obtuvo los siguientes porcentajes de remoción, con 1 g (85.15%), 1.5 g (85.08%), 2 g (85.42%); en cambio el CA B1, para 1 g (79.28%), 1.5 g (76,04), 2 g (56.52); finalmente para el CA C1 el porcentaje fue, 1 g (78.38), 1.5 g (78.31), 2 g (78.59). Resaltamos que con el CA A1 con dosificación de 2 g de masa de CA se obtuvo el mayor porcentaje de remoción de plomo (mg/L) en las aguas contaminadas del dren 2000

V. DISCUSIÓN

Después de obtener los resultados de la concentración inicial de Pb en las aguas residuales del dren 2000 fue de 0,678 mg/L superando los límites máximos permisibles plasmados en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM donde detalla que las aguas destinadas para riego el límite máximo permisible en el parámetro de plomo es de 0.05 mg/L el cual coincide con la investigación Gordillo, Orozco y Malca (2018), los cuales realizaron un estudio sobre la calidad del agua del dren 2000 identificando ciertos parámetros que superan los límites máximos permisibles entre ellos el plomo, esto se debe a distintos factores como por ejemplo, la presencia de industrias, astilleros y la disposición de los residuos sólidos a lo largo del dren.

Los resultados de la caracterización de la semilla de aguaje fueron, humedad (9.09%) material volátil (79.99%) cenizas (1.59%) y carbón fijo (10.33%) siendo un adecuado precursor para la elaboración de carbón activado, pues según la bibliografía revisada, un buen precursor debe contener un alto contenido en material volátil, un alto contenido en carbón fijo y bajo contenido en cenizas, este estudio de caracterización de la semilla se siguió bajo la normativa American Society for Testing and Materials D 3174-04.

Y también como lo avala Tavares (2009) en su investigación el cual realizó una caracterización a la cáscara de la semilla de aguaje en el cual obtuvo los siguientes resultados, material volátil (40%), contenido en cenizas (7.38%) y carbón fijo (7.38%) y Amparo (2018) elaboró CA a partir de cáscara de naranja, para lo cual realizó una caracterización a su materia prima obteniéndose los siguientes resultados, humedad (2.383%), material volátil (87.871%), cenizas (6.418%) y carbón fijo de (4.390%).

En nuestra investigación primeramente se definió el material precursor que se va a utilizar, seleccionando a la semilla de aguaje por su gran contenido en celulosa y lignina haciéndole un material altamente carbonoso, siendo esto acreditado por realizar previamente la caracterización del material precursor y se pudo definir que es totalmente viable elaborar carbón

activado, seguido se tuvo en cuenta diversos pasos durante el procedimiento para obtener carbón activado.

Teniendo en base estudios realizados como el de Rosales y Quevedo(2019), y Sun- kou et.al en 2014, donde tuvieron a bien realizar carbón activado a base de *Mauritia flexuosa* y dentro de ello lo más importante resalta el agente activante (H_3PO_4), razón de impregnación y la temperatura de activación pasaron hacer factores muy importantes en las propiedades fisicoquímicas del CA, así como también evaluaron la acidez superficial del CA, estas investigaciones tuvieron el propósito de obtener carbón activado para posterior realizar tratamientos con aguas contaminadas con plomo, es así que nuestra investigación se empezó a desarrollar primeramente obteniendo un material precursor en óptimas condiciones, teniendo en cuenta las condiciones de la semilla, el secado correcto, tamaño de las partículas de la semilla y la razón de impregnación y T° de activación.

Se utilizó inicialmente 500 g de semilla de aguaje, posteriormente se procedió a secar en un lugar apropiado por 10 días para eliminar su humedad, seguidamente se trituró las semillas obteniendo un tamaño de partículas de 20 milímetros, luego la limpieza de la materia prima se realizó con hidróxido de sodio($NaOH_3$) con el fin de eliminar impurezas presentes en esta, posterior a esto se lavó con abundante agua y con el apoyo de una estufa a temperatura de $110^\circ C$ con el objetivo de eliminar su humedad y ya tener un material en condiciones apropiadas para su impregnación con el agente activante que en esta oportunidad se trabajó con ácido fosfórico(H_3PO_4) al 85 % en relación 1 g de material precursor por 1 g de agente activante.

Luego de la impregnación por un tiempo de 24 horas, se tuvo a bien separar 3 muestras de material ya impregnado (CA-1, CA-2, CA-3) con la misma cantidad (100 g) y fue llevado a carbonizar a diferentes temperaturas, (500, 550, $600^\circ C$), por el tiempo de 1 hora, esto con el propósito de obtener 3 muestras de carbón activado y ver cuál es la más eficaz en el posterior tratamiento realizado.

La etapa de activación y carbonización del material impregnado se desarrolló por activación química, utilizando una estufa por el tiempo de 1 hora a temperaturas ya mencionadas anteriormente, todo este procedimiento se hizo recomendado por Soto en 2007 donde describe que la activación química presenta ventajas como la multiplicación de poros del CA debido a la deshidratación química mediante el proceso de carbonizado a temperaturas no muy altas, en ello eso fue parte de nuestra misión obtener carbones activados con una contextura amplia en porosidad, ya que son factores muy importantes y determinantes en cuanto a su efectividad de adsorción en el tratamiento previsto a realizar.

El tratamiento de las aguas con presencia de Pb del dren 2000 se desarrolló basándose en la concentración inicial de plomo que fue de 0,678 mg/L, por lo tanto, se trabajó en base a los 3 diferentes tipos de CA y con 3 diferentes dosis (1 g, 1.5 g, 2 g) y con 2 réplicas con cada tratamiento en una muestra de agua de 500 ml siendo en total la cantidad de 18 muestras tratadas sumándole también una muestra inicial sin tratamiento. Todo esto se desarrolló con el equipo prueba de jarras que fue programado a 300 rpm por el tiempo de 1 hora, realizado el tratamiento las muestras fueron enviadas al laboratorio Environmental Testing Laboraty S.A.C para ser analizadas.

Para determinar la capacidad de adsorción del CA a partir de semillas de aguaje en la eliminación de plomo en aguas del dren 2000, se analizó con base a los resultados obtenidos vistos en la tabla 11, donde se puede observar una clara reducción en todas muestras en relación con la concentración inicial de plomo.

Donde sobresale que con él CA-1 con la dosis de 2 g se pudo obtener una mayor capacidad de absorción llegando a 0.1055 mg/L, así mismo para él CA-B1 con dosis 1 g se obtuvo un resultado de 0.15 mg/L, finalmente la muestra tratada con él CA-C1 con dosis de 2 g obtuvimos la menor concentración siendo 0.155 mg/L observando de manera detallada los resultados destaca con mayor resultado positivo él CA-1 con la dosis de 2 g, en esto se puede deducir que los niveles de temperatura de carbonización,

tamaño de las partículas del carbón que en esta oportunidad se trabajó con un carbón activado granular de tamaño 0.250 mm, así como también el pH del CA nos indica que son factores muy importantes en la absorción de este metal pesado.

De manera representativa se observa en la tabla 12 los porcentajes de reducción de plomo siendo el más importante con él CA-1 con dosis de 2 g llegando a tener el mayor porcentaje de reducción de 85.42% y el menor fue con él CA-B1 con dosis de 1.5 g llegando a un porcentaje de 76.04%, todo este resultado se pueden comparar con antecedentes como el de Rosales y Quevedo en 2019, donde trabajo con ácido fosfórico al 85% como agente activante, temperatura de activación fue de 600 C° y utilizó dosis de tratamiento de 0.25 g, 0.5 g, 0,75 g, 1 g, 1.25 g y 1.5 g donde también utilizó prueba de jarras por un periodo de 3 horas a 300 rpm.

En esta investigación trabajaron con aguas contaminadas de manera artificial con plomo con concentración inicial de 2.39 y 2.47 mg/L, en base a ello se obtuvieron resultados favorables, determinado la dosis apropiada para la remoción de plomo que fue de 1.5 g llegando a remover un 97.14% en relación a la muestra inicial.

Así como también un estudio similar de De la cruz en 2018 en su investigación titulada “Bagazo de caña de azúcar (*Saccharum Officinarum*) activado con ácido fosfórico para la bioadsorción de plomo en las aguas del río Chillón - Puente Piedra, 2018”; busco evaluar la efectividad de este precursor en bioadsorción de plomo, con relación al carbonizado lo llevo a cabo a 400 C°, utilizó ácido fosfórico en tres concentraciones (21, 50, 80%) y con dosis de 0.2 g por cada 100 ml de agua a tratar, la concentración inicial de Pb fue 0.252 mg/l, dentro de sus resultados destaca la concentración de activación al 80%, logro remover hasta 0.017 mg/L de plomo, en general un porcentaje de 90% de reducción.

Realizado nuestra investigación y analizando nuestros resultados se puede decir que en todas las muestras tratadas con carbón activado utilizando semilla de aguaje (*Mauritia flexuosa*) en la remoción de plomo en aguas del

dren 2000, se ha obtenido resultados muy positivos, que se ve reflejado en los porcentajes de remoción, destacando en este estudio la caracterización fisicoquímica previa de la materia prima, la impregnación con ácido fosfórico y la activación a diferentes temperaturas, el pH de los CA fueron muy importantes también como fue para él CA-1(500 °C) tuvo un pH de 2.78, mientras que él CA-2 (550 °C) fue 2.51 y para él CA-3 (600 °C) resulto 2.44, en relación a estos resultados de pH demuestra la gran importancia que tiene este parámetro al ponerle en contacto con las muestras agua.

En nuestro tratamiento de manera indirecta él CA también tuvo resultados positivos en cuanto a la reducción de turbidez y pH del agua postratamiento. Finalmente se puede decir que el carbón activando utilizando semilla de aguaje demostró muchas capacidades de adsorción teniendo en cuenta que esto dependerá del activante y su concentración, así como también la T° de activación y pH del carbón activado.

Esto nos permite reafirmar nuestros resultados en base a antecedentes y mejorar esta metodología para poder buscar precursores y realizar estudios en favor de la investigación científica y proponer soluciones eco amigables a nuestro medio ambiente como en esta oportunidad mejorar la calidad de nuestros cuerpos de aguas que tienen presencia de metales pesados y otros parámetros que afectan la calidad de agua siendo fuente directa e indirecta del consumo humano, siendo muy relevante, ya que durante el recorrido del dren 2000 estas aguas son utilizadas para regadío de hortalizas y verduras de tallo bajo, siendo una problemática muy delicada que conllevaría a tener enfermedades crónicas por el consumo de estos productos.

VI. CONCLUSIONES

1. En relación a nuestro primer objetivo evaluar la cantidad de plomo presente en las aguas residuales en el dren 2000, la muestra enviada al laboratorio Environmental Testing Laboratory S.A.C, dio como resultado 0.678 mg/L de concentración de plomo.
2. Con la presente investigación se demostró que el carbón activado utilizando semilla de *Mauritia flexuosa* mostró resultados positivos en la adsorción de plomo en aguas del dren 2000, dentro de ello se puede decir que factores muy determinantes como el material precursor altamente carbonoso, como se ve en los resultados de la caracterización demostrando que el carbón activado obtenido fue totalmente adecuado en nuestra investigación por sus propiedades como su alto contenido en carbón fijo(10.33%) un elevado contenido de material volátil (79.986%), en humedad(9.09%)y bajo contenido en cenizas (1.59%).
3. Se determinó que existieron factores relevantes en nuestro estudio que se logró para obtener un CA de calidad y con capacidades prometedoras de adsorción; como son el tipo de agente activante (ácido fosfórico), razón y tiempo de impregnación, la temperatura de carbonización(600 °C), tamaño del carbón activado, así mismo la importancia del pH y dosis de CA, finalmente se obtuvo 3 tipos de carbón activado (CA-1, CA-2, CA-3) que fueron obtenidos a diferentes temperaturas y se trabajó los tratamientos con diferentes dosis (1 g, 1.5 g, 2 g) con 2 réplicas por cada tratamiento en conclusión todos los tratamientos presentaron una reducción de plomo en base a la concentración inicial.
4. Se concluye que en nuestra investigación la dosis óptima fue el CA-1 a temperatura de 500 °C y con una dosis de 2 g de carbón activado llegando a reducir un 85.42% de concentración de plomo.

VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda en futuras investigaciones sigan este tipo de estudio, así como también proponer proyectos de inversión utilizando carbón activado utilizando semilla de aguaje para remover metales pesados y otros parámetros, para obtener aguas de mejor calidad y sean utilizadas en la agricultura.
2. En las futuras investigaciones se debe realizar un análisis a diferentes residuos orgánicos que tengan un alto contenido lignocelulósico, y descubrir más precursores por lo tanto ser aprovechados en la producción de carbón activado, siendo este un material prometedor por su amplia capacidad porosa en la absorción de contaminantes.
3. Se recomienda a la población rural utilizar filtros con carbón activado a partir de semilla de aguaje (*Mauritia flexuosa*), para mejorar los parámetros fisicoquímicos del agua, a pequeña escala se puede poner en funcionamiento en un domicilio y a gran escala se puede construir una planta de tratamiento previo al agua con filtros de más capacidad y mejor la calidad de agua de una determinada población.
4. Para obtener un CA óptimo se recomienda utilizar ácido fosfórico al 85% como agente activante, y una carbonización a 500 °C por el tiempo de 1 hora en una mufla. También reutilizar el ácido fosfórico utilizado en la etapa de activación.
5. Se recomienda a la gerencia de agricultura del gobierno regional de Lambayeque, analizar el agua del dren 2000 para poder determinar que otros parámetros están por encima de los LMP, de la misma manera determinar las concentraciones de metales pesados en los cultivos de hortalizas, ya que estas aguas son utilizadas directamente en ello, por lo cual estos productos son fuente directa de la cadena alimenticia, ya que a largo plazo puede afectar en la población con enfermedades crónicas.

REFERENCIAS

AGUDELO VIANA, Luis Gabriel; AIGNEREN ABURTO, José Miguel. Diseños de investigación experimental y no-experimental. 2008. Disponible en: <https://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/2622>

AHMED, Mohamed; MARSHALL, W. E. y RAO, R. M. Production of granular activated carbons from select agricultural by products and evaluation of their physical, chemical and adsorption properties. Journal Bioresource technology [en línea]. 2000, vol.71, n.º2, p.113-123. [Fecha de consulta 9 de junio 2023]. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S096085249900070X>

Aléxia Batista Fortunato, Fausto Eduardo Bimbi Júnior, Jeniffer Meyer Moreira, Tayná Silva Bernardino de Barros, André Luiz de Jesus Pereira, Magno Aparecido Gonçalves Trindade, Tiago André Denck Colman, Patricia Hatsue Suegama, Willyam Roger Padilha Barros, Fábio Gozzi, Cláudio Teodoro de Carvalho, Buriti biomass as catalysts based on activated carbon/Fe₃O₄ for ciprofloxacin removal by heterogeneous photo-Fenton process, Journal of Water Process Engineering, Volume 50, 2022, 103263, ISSN 2214-7144, <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2022.103263>.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214714422007073>

ARIAS GONZÁLES, José Luis; COVINOS GALLARDO, Mitsuo. Diseño y metodología de la investigación. 2021. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12390/2260>

Beltrán-Suito, R., Pinedo-Flores, A., Bravo-Hualpa, F. et al. Síntesis de carbón activado a partir de semillas de aguaje (*Mauritia flexuosa*) para la adsorción de la N , N -dimetilamina. Adsorción 21, 577–587 (2015). <https://doi.org/10.1007/s10450-015-9705-5>

CARRILLO-QUIJANO, C.C., ALBARRACIN-CABALLERO, J., PEREIRA-HERNANDEZ, X, I., Producción de carbon activado y silice a partir de cascarilla de arroz-una revisión. *scientia Et Technica* [en línea].2013,18(2),422-[Fecha de

consulta: 17 de junio 2023].ISSN: 0122-1701.Disponible:
<https://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/7855/5453>

Chavez- Ballarino, Cesar. “Detección de metales pesados en agua”.INADE.2011,Pag. 1-2, Disponible en:
<https://inaoe.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1009/671/1/ChavezVC.pdf>

Chen, C., Zhao, P., Huang, Y. Tong, Z., Li, Preparación and Characterization of Activated Carbon from Eucalyptus Sawdust I. Activated by NaOH. *J Inorg Organomet Polym* [en línea]2013. Vol.23, Pg.1201–1209 (2013). [Fecha de consulta: 18 de junio 2023]DOI: <https://doi.org/10.1007/s10904-013-9910-1>

CORONADO-MARTINEZ,M.C.,CUEVA-GALVEZ,G.E.,GONZALES-MORA,H.E.,CARRASCO-PEREZ.P.,2016.Obtencion de carbon activado del endocarpio de shapaja(*Attalea phalerata*)procedente de la región San Martin, emplenado método físico.Revista forestal del peru[en línea].vol.31,Nº2-pg 90-103.[Consulta:12 junio de 2023].DOI <https://doi.org/10.21704/rfp.v31i2.1030>
Disponible en : <https://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/rfp/article/view/1030>

Daniel Obregón-Valencia, María del Rosario Sun-Kou, Comparative cadmium adsorption study on activated carbon prepared from aguaje (*Mauritia flexuosa*) and olive fruit stones (*Olea europaea* L.), *Journal of Environmental Chemical Engineering*, Volume 2, Issue 4, 2014, Pages 2280-2288, ISSN 2213-3437, <https://doi.org/10.1016/j.jece.2014.10.004>.
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221334371400219X>)

De La Cruz López, Delmis Dante Dennis.,(2018). Bagazo de caña de azúcar (*Saccharum Officinarum*) activado con ácido fosfórico para la bioadsorción de plomo en las aguas del río Chillón - Puente Piedra, 2018 [Consulta:16 de noviembre del 2023, págs.29-32] Disponible en:
https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/20199/DeLaCruz_LD_DD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

ESQUERDO, Larissa Tavares. Pirólise da casca de buriti e ativação térmica de seu carvão vegetal para uso como adsorvente na adsorção do Cobre II. Orientador:

Alacid do Socorro Siqueira Neves. 2019. 71 f. Trabajo de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência e Tecnologia) – Campus Universitário de Ananindeua, Universidade Federal do Pará, Ananindeua, 2019. Disponível em: <http://bdm.ufpa.br/jspui/handle/prefix/1566>.

FRITZ STOECKLI.H. Microporous carbons and their characterization: The present state of the art. [en línea].1990 pg. 1-6 Vol. 28 [Fecha de consulta:18 de junio de 2023]. DOI: [https://doi.org/10.1016/0008-6223\(90\)90086-E](https://doi.org/10.1016/0008-6223(90)90086-E) Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/000862239090086E>

GARCIA LOPEZ,Rebeca Alejandra y GRANILLO OPORTA, Yasser Antonio.,2017.Evaluacion de las condiciones operacionales en el proceso de preparación de carbon activo de cáscara de naranja(Citrus Sintesis Linn Osbeck). [en línea],UNAM Managua-Nicaragua[Consulta:11 junio 2023].Disponible en: <https://repositorio.unan.edu.ni/4275/1/96798.pdf>

GORDILLO, F y MALCA, H., (2919).” Impacto ambiental por el vertimiento de aguas residuales al dren 2000 sobre la calidad de agua intermareal del distrito de san José”. [Consulta:17 de noviembre de 2023, pags.81-85] Disponible en: <https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/6047/BC-1118%20GORDILLO%20OROZCO-MALCA%20CARDOZA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

LI, Jiashi, DONG, Xiaoqiang, LIU, Xiaofeng, XU, Xin, DUAN, Wei, PARK, Junbom, GAO, Lei y LU, Yisi. Estudio Comparativo de las Características de Adsorción de Iones de Metales Pesados por Carbón Activado y Adsorbentes Naturales Seleccionados. *Sostenibilidad* [en línea]. 23 de noviembre de 2022. vol. 14, núm. 23, pág. 15579. Disponible: <http://dx.doi.org/10.3390/su142315579>

LOZADA JOSE, 2014.Investigación Aplicada: Definición, Propiedad Intelectual e Industria [en línea]. p.34-39. Ecuador:Centro de Investigación en Mecatrónica y Sistemas Interactivos.[consulta:4 de junio del 2023, págs. 47-50 ISSN-e 1390-9592, Vol. 3, N°. 1 Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6163749>

LUNA-DONACIANO., GONZALEZ-ARMANDO., GORDON-MANUEL., MARTIN-NANCY.,2007. Obtención de carbon activado a partir de la cascar de coco [en línea], UAM, D.F., Mexico[Consulta:11 junio 2023].Disponible en: http://www2.izt.uam.mx/newpage/contactos/anterior/n64ne/carbon_v2.pdf

MACHACUAY-YANTAS, S.M (2020). Adsorción de plomo (II) con carbón activado a partir de semillas de eucalipto (*Eucalyptus globulus*) en la laguna Huascacocha, Yauli, Junín - 2020. [en línea] Universidad Continental, Huancayo, Perú. [fecha de consulta:18 de junio 2023]. Disponible: <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/9966>

Matos, Yuraima; Pasek, Eva. LA OBSERVACIÓN, DISCUSIÓN Y DEMOSTRACIÓN: TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN EN EL AULA [en línea] Laurus, vol. 14, núm. 27, Pg. 33-52, Universidad pedagógica experimental Venezuela [Fecha de consulta:22 de junio 2023]Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/761/76111892003.pdf>

Milan Momčilović, Milovan Purenović, Aleksander Bojić, Aleksandra Zarubica, Marjan Randelović, Removal of lead (II) ions from aqueous solutions by adsorption onto pine cone activated carbon,Desalination,[en línea]Vol.276, Issues 1–3,2011,Pg. 53-59,ISSN 0011-9164,[Fecha de consulta: 20 de junio de 2023]DOI:<https://doi.org/10.1016/j.desal.2011.03.013>.Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0011916411002311>

Mohd Affandy Aqilah Mariah, Kobun Rovina, Joseph Merillyn Vonnie, Kana Husna Erna, Characterization of activated carbon from waste tea (*Camellia sinensis*) using chemical activation for removal of methylene blue and cadmium ions, South African Journal of Chemical Engineering, Volume 44, 2023, Pages 113-122, ISSN 1026-9185, <https://doi.org/10.1016/j.sajce.2023.01.007>. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1026918523000082>)

PINTO, Marcos Vinicios de Souza; SILVA, Denilson Luz da; SARAIVA, Augusto César Fonseca. Obtenção y caracterização de carvão ativado de caroço de buriti (*Mauritia flexuosa L. f.*) para avaliação do processo de adsorção de cobre (II). Acta Amazônica, 2013, vol. 43, pág. 73-80.[Fecha de consulta:20 de junio de 2023] Disponible en: <https://doi.org/10.1590/S0044-59672013000100009>

PONCE BRAVO, Darwin Gabriel. Aplicación del carbón activado de la cáscara de coco, en la purificación y adsorción del hierro y plomo del agua de consumo de los pobladores de Paragsha-Pasco 2018. 2019. Disponible en: <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/1563>

Prías Barragán J. J., C. A. Rojas González, N. A. Echeverry Montoya, G. Fonthal, H. Ariza Calderón: Identificación de las variables óptimas para la obtención de carbón activado a partir del precursor *Guadua angustifolia* Kunth. [en línea]Rev. Acad. Colombia. Cienc. 35 (135): 157-166, 2011. ISSN 0370-3908[Fecha de consulta 10 de junio del 2023]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/racefn/v35n135/v35n135a04.pdf>

REINOSO, R. F.; SABIO, M. Molina. El carbón activado en procesos de descontaminación. *Departamento de Química Inorgánica. Universidad de Alicante. España,* 2002. Disponible en: <http://elaguapotable.com/EI%20carbon%20activo%20en%20procesos%20de%20descontaminacion.pdf>

RIMOLI, MICHELLE, [et al.]. Preparation and characterization of carbon from the fruit of brazil nut tree activated by physical process. *Revista Árvore* [en línea]. 2019, vol.43, n.º 2, e430206. [Fecha de consulta 9 de junio 2023]. Disponible en:DOI: [10.1590/1806-90882019000200006](https://doi.org/10.1590/1806-90882019000200006)

ROSALES, D y QUEVEDO, A., (2019). "Adsorción con carbón activado obtenido de la semilla de aguaje para la remoción de plomo y cromo en aguas contaminadas"[Consulta: 15 de noviembre del 2023.pags.72-84]Disponible en: <https://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/5114/ROSALES%20OFERN%C3%81NDEZ%20QUEVEDO%20SANCHEZ%20FIARN%202019.pdf>

RUIZ VALLES,Lenin y ORBEGOZO ALVAREZ,Kristill Yliany.,2019.Eficiencia del carbon activado obtenido a partir del endocarpo de "coco" (*Cocos nucifera*) y semilla de "aguaje" (*Mauritia flexuosa*), en la remoción de la DBO₅ de las aguas residuales domesticas en el distrito de Habana- Moyobamba ,2018[en línea].UNSM-Tarapoto [Consulta: 15 de junio 2023].Disponible en: <https://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/11458/3345/1/SANITARIA%20->

[%20Lenin%20Ruiz%20Valles%20%26%20Kristill%20Yliany%20Orbegoso%20Alvarez.pdf](#)

SAMPIERI, Roberto Hernández. *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw Hill México, 2018. Disponible en: <http://repositorio.uasb.edu.bo/handle/54000/1292>

Schaubeder, JB, Guizani, C., Selinger, J. *et al.* Diseño de experimentos como herramienta para orientar la preparación de carbones activados a medida. *Informe científico* **13** , 3977 (2023). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-30642-8>

SOTO PAREDES, Francisco J., 2007. Evaluación técnica económica de una planta de carbón activado [en línea]. UDCH-CHILE, Pg.13 [Consulta: 17 de junio 2023]. Disponible en: https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/104603/soto_fp.pdf?sequence=3&isAllowed=y

[ATSDR] Agency for Toxic Substance and Disease Registry. (2005). Toxicological Profile for Lead, U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Diseases Control, Atlanta, GA. Disponible en: <https://wwwn.cdc.gov/TSP/ToxProfiles/ToxProfiles.aspx?id=96&tid=22>

[INCyTU] Oficina de información científica y tecnológica para el congreso de la unión. (2019). Tratamiento de aguas residuales. Vol. N°028, Pags.1-2. Disponible en: https://foroconsultivo.org.mx/INCyTU/documentos/Completa/INCYTU_19-028.pdf

Encyclopædia Britannica, Inc. (2021). "Lead." Encyclopædia Britannica. Disponible en: www.britannica.com/science/lead-chemical-element.

ANEXOS

Anexo 01. Matriz de operacionalización de variables

VARIABLES DE MEDICION	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
INDEPENDIENTE: Eficacia del carbón activado utilizando semilla de <i>Mauritia flexuosa</i>	El carbón activado a partir de “aguaje” (<i>Mauritia flexuosa</i>) es un material adsorbente elaborado a través de activación química.	La eficacia del carbón activado depende del tamaño de la superficie del poro, tipo activación química, agente activante, temperatura, PH adecuado que se medirá con espectrofotometría.	Propiedades de la semilla de <i>Mauritia flexuosa</i>	Condición de la semilla	Nominal
				Peso Inicial	Razón
			Peso Final Carbonizado	Temperatura pre incineración	
			Activación química del carbón	Concentración de agente activante	Razón
				Temperatura de activación	Intervalo
				Materia volátil	Razón
				Potencial de hidrogeno	Intervalo
				Tamaño de partículas del carbón	Razón
				Densidad	
			DEPENDIENTE: Remoción de plomo en aguas del dren 2000	Es la eliminación de iones de plomo en aguas contaminadas	La remoción de plomo se obtendrá de la aplicación de distintas dosis de carbón activado a base de <i>Mauritia flexuosa</i> en muestras de aguas. 5L.
Temperatura	Intervalo				
Potencial de hidrogeno		Razón			
Dosis de 1g					
Dosis de 1,5g					
Dosis de 2g					

Fuente: Elaboración propia

Anexo 02. Resultados del análisis del pH del CA y de las muestras de agua post tratamiento y resultados del análisis fisicoquímico de la concentración de plomo en aguas del dren 2000



LABORATORIO DE BIOTECNOLOGÍA Y MICROBIOLOGÍA

TIPO DE ANÁLISIS : Análisis químico
USUARIO : Calle Jimenez Luigi Engerberth / Dávila Rafael Erland Oscar
N° DE MUESTRA : 09
TIPO DE MUESTRA : Agua residual dren 2000 – San Jose
FECHA DE EMISIÓN : 20 de Noviembre del 2023
RESULTADOS : Análisis físicos del agua (pH)

N° de muestra	pH del carbón	Dosis	Resultados		
			pH inicial	pH replica 1	pH replica 2
A1 - 500°C	2.78	1 g	7.00	6.87	6.94
		1.5 g		6.78	6.81
		2 g		6.63	6.67
B1 - 550°C	2.51	1 g		6.55	6.58
		1.5 g		6.44	6.49
		2 g		6.38	6.33
C1 - 600°C	2.44	1 g		6.20	6.15
		1.5 g		6.09	6.04
		2 g		5.90	5.89


CRISTIAN MICHEL GÓMEZ CORNEJO
INGENIERO AMBIENTAL
REG. CIP 255514

LABORATORIO DE BIOTECNOLOGÍA Y BIOTECNOLOGÍA
 ING. CRISTIAN MICHEL GÓMEZ CORNEJO
 CIP: 255514

UCV, licenciada para que puedas salir adelante.





INFORME DE ENSAYO N° A3434/23

Solicitante : CALLE JIMENEZ LUIGI ENGERBERTH / DAVILA RAFAEL
ERLAND OSCAR
Dirección : Fanny Abanto Mz. F Lt. 13 - Chiclayo
Procedencia : DREN 2000 - SAN JOSE
Distrito: San Jose – Provincia: Chiclayo
Departamento: Lambayeque
Matriz de la Muestra : Agua Residual Doméstica
Fecha de Muestreo : 20 - Octubre - 2 023
Responsable del Muestreo : Personal Técnico - Empresa Solicitante
Fecha y Hora de Recepción : 21 - Octubre - 2 023 / 11:38 h
Fecha de Ejecución del Ensayo : 21 al 26 - Octubre - 2 023

Código Interno: L3434/23

PARÁMETROS	3434 - 1 ^(a)	Expresado en:	MÉTODOS DE ENSAYO
	AR-0 ^(b) (09:30 h) N 807082 - E 11317899		
Plomo (Pb)	0,724	mg/L	APHA 3111 B (*)

^(a) Código de Laboratorio

^(b) Código del Solicitante y hora de muestreo

REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS.-

- Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater, 23 rd Ed. APHA, AWWA WEF, 2017.*
 (*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA.

ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA. -

- La muestra cumple con los requisitos de calidad para ser analizadas.

Lima, 26 de Octubre de 2 023.

EQUAS S.A.
Ing. Eusebio Víctor Córdova Evaristo
Gerente General



Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Director Gerente – EQUAS S.A.

Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.

Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

El laboratorio mantendrá en custodia por 30 días, la muestra dirimente para los ensayos de metales, la solicitud de dirimencia ante la comisión debe realizarse diez días útiles antes de su vencimiento.



INFORME DE ENSAYO N° A3433/23

Solicitante : CALLE JIMENEZ LUIGI ENGERBERTH / DAVILA RAFAEL
ERLAND OSCAR
Dirección : Fanny Abanto Mz. F Lt. 13 - Chiclayo
Procedencia : DREN 2000 - SAN JOSE
Distrito: San Jose – Provincia: Chiclayo
Departamento: Lambayeque
Matriz de la Muestra : Agua Residual Doméstica
Fecha de Muestreo : 20 - Octubre - 2 023
Responsable del Muestreo : Personal Técnico - Empresa Solicitante
Fecha y Hora de Recepción : 21 - Octubre - 2 023 / 11:38 h
Fecha de Ejecución del Ensayo : 21 al 26 - Octubre - 2 023

Código Interno: L3433/23

PARÁMETROS	3433 - 1 ^(a)	3433 - 2 ^(a)	Expresado en:	MÉTODOS DE ENSAYO
	CI-A-R1 ^(b) (10:30 h) N 807082 - E - 11317899 ^(c)	CI-A-R2 ^(b) 10:32 h) N 807082 - E - 11317899 ^(c)		
Plomo (Pb)	0,154	0,159	mg/L	APHA 3111 B ^(*)

^(a) Código de Laboratorio

^(b) Código del Solicitante y hora de muestreo

^(c) Ubicación en coordenadas UTM – WGS 84

REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS.-

- Standar Methods For The Examination Of Water And Wastewater, 23 rd Ed. APHA, AWWA WEF, 2017.
- ^(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA.

ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA. -

- La muestra cumple con los requisitos de calidad para ser analizadas.

Lima, 26 de Octubre de 2 023.

EQUAS S.A.

Ing. Eusebio Víctor Cénzor Evaristo
Gerente General

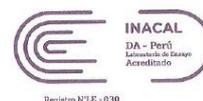


Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Director Gerente – EQUAS S.A.

Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.

Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

El laboratorio mantendrá en custodia por 30 días, la muestra dirimente para los ensayos de metales, la solicitud de dirimencia ante la comisión debe realizarse diez días útiles antes de su vencimiento.



INFORME DE ENSAYO N° A3433/23

Solicitante : CALLE JIMENEZ LUIGI ENGERBERTH / DAVILA RAFAEL
ERLAND OSCAR

Dirección : Fanny Abanto Mz. F Lt. 13 - Chiclayo

Procedencia : DREN 2000 - SAN JOSE
Distrito: San Jose – Provincia: Chiclayo
Departamento: Lambayeque

Matriz de la Muestra : Agua Residual Doméstica

Fecha de Muestreo : 20 - Octubre - 2 023
Responsable del Muestreo : Personal Técnico - Empresa Solicitante

Fecha y Hora de Recepción : 21 - Octubre - 2 023 / 11:38 h
Fecha de Ejecución del Ensayo: 21 al 26 - Octubre - 2 023

Código Interno: L3433/23

PARÁMETROS	3433 - 3 ^(a)	3433 - 4 ^(b)	Expresado en:	MÉTODOS DE ENSAYO
	CI-B-R1 ^(b) (10:34 h) N 807082 - E - 11317899 ^(c)	CI-B-R2 ^(b) (10:36 h) N 807082 - E - 11317899 ^(c)		
Plomo (Pb)	0,158	0,156	mg/L	APHA 3111 B (*)

(^a) Código de Laboratorio

(^b) Código del Solicitante y hora de muestreo

(^c) Ubicación en coordenadas UTM - WGS 84

REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS.-

- Standar Methods For The Examination Of Water And Wastewater, 23 rd Ed. APHA, AWWA WEF, 2017.
 (*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA.

ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA. -

- La muestra cumple con los requisitos de calidad para ser analizadas.

Lima, 26 de Octubre de 2 023.

EQUAS S.A.
Ing. Eusebio Víctor Córdova Evaristo
Gerente General

Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Director Gerente – EQUAS S.A.

Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.

Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

El laboratorio mantendrá en custodia por 30 días, la muestra dirimiente para los ensayos de metales; la solicitud de dirimencia ante la comisión debe realizarse diez días hábiles antes de su vencimiento.

Código: F01-P.DIR.04
Revisión: #1
Fecha: 12-11-2 021

Dirección de Laboratorio: Mz. 1 Lote 74, Urb. Naranjito – Puente Piedra, alt. del Km.28,5 de la Pan. Norte
Teléfonos: 548-4976 / 349-4050 e_mail: info@equas.com.pe

Página 2 de 3

INFORME DE ENSAYO N° A3433/23

Solicitante : CALLE JIMENEZ LUIGI ENGERBERTH / DAVILA RAFAEL
ERLAND OSCAR

Dirección : Fanny Abanto Mz. F Lt. 13 - Chiclayo

Procedencia : DREN 2000 - SAN JOSE
Distrito: San Jose – Provincia: Chiclayo
Departamento: Lambayeque

Matriz de la Muestra : Agua Residual Doméstica

Fecha de Muestreo : 20 - Octubre - 2 023
Responsable del Muestreo : Personal Técnico - Empresa Solicitante

Fecha y Hora de Recepción : 21 - Octubre - 2 023 / 11:38 h
Fecha de Ejecución del Ensayo : 21 al 26 - Octubre - 2 023

Código Interno: L3433/23

PARÁMETROS	3433 - 5 ^(a)	3433 - 6 ^(a)	Expresado en:	MÉTODOS DE ENSAYO
	CI-C-R1 ^(b) (10:38 h) N 807082 – E - 11317899 ^(c)	CI-C-R2 ^(b) (10:40 h) N 807082 – E - 11317899 ^(c)		
Plomo (Pb)	0,156	0,154	mg/L	APHA 3111 B (*)

^(a) Código de Laboratorio

^(b) Código del Solicitante y hora de muestreo

^(c) Ubicación en coordenadas UTM – WGS 84

REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS.-

- Standar Methods For The Examination Of Water And Wastewater, 23 rd Ed. APHA, AWWA WEF, 2017.
- (*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA.

ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA.-

- La muestra cumple con los requisitos de calidad para ser analizadas.

Lima, 26 de Octubre de 2 023.

EQUAS S.A.

Ing. Eusebio Víctor Córdova Evaristo
Gerente General



Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Director Gerente – EQUAS S.A.

Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.

Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

El laboratorio mantendrá en custodia por 30 días, la muestra dirimente para los ensayos de metales, la solicitud de dirimencia ante la comisión debe realizarse diez días útiles antes de su vencimiento.

Código: F01-P.DIR.04
Revisión: 01
Fecha: 12-11-2 021

Dirección de Laboratorio: Mz. 1 Lote 74, Urb. Naranjito – Puente Piedra, alt. del Km.28,5 de la Pan. Norte
Teléfonos: 548-4976 / 349-4050 e_mail: info@equas.com.pe

Página 3 de 3



INFORME DE ENSAYO N° A3432/23

Solicitante : CALLE JIMENEZ LUIGI ENGERBERTH / DAVILA RAFAEL
ERLAND OSCAR
Dirección : Fanny Abanto Mz. F Lt. 13 - Chiclayo
Procedencia : DREN 2000 - SAN JOSE
Distrito: San Jose – Provincia: Chiclayo
Departamento: Lambayeque
Matriz de la Muestra : Agua Residual Doméstica
Fecha de Muestreo : 20 - Octubre - 2 023
Responsable del Muestreo : Personal Técnico - Empresa Solicitante
Fecha y Hora de Recepción : 21 - Octubre - 2 023 / 11:38 h
Fecha de Ejecución del Ensayo : 21 al 26 - Octubre - 2 023

Código Interno: L3432/23

PARÁMETROS	3432 - 1 ^(a)	3432 - 2 ^(a)	Expresado en:	MÉTODOS DE ENSAYO
	BI-A-R1 ^(b) (10:00 h) N 807082 – E - 11317899 ^(c)	BI-A-R2 ^(b) (10:02 h) N 807082 – E - 11317899 ^(c)		
Plomo (Pb)	0,132	0,168	mg/L	APHA 3111 B ^(*)

^(a) Código de Laboratorio

^(b) Código del Solicitante y hora de muestreo

^(c) Ubicación en coordenadas UTM – WGS 84

REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS.-

- Standar Methods For The Examination Of Water And Wastewater, 23 rd Ed. APHA, AWWA WEF, 2017.
 (*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA.

ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA.-

- La muestra cumple con los requisitos de calidad para ser analizadas.

Lima, 26 de Octubre de 2 023.

EQUAS S.A.
Ing. Eusebio Víctor Córdova Evaristo
Gerente General



Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Director Gerente – EQUAS S.A.

Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.

Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

El laboratorio mantendrá en custodia por 30 días, la muestra dirimente para los ensayos de metales, la solicitud de dirimencia ante la comisión debe realizarse diez días útiles antes de su vencimiento.

Código: F91-P.DIR.04
Revisión: 01
Fecha: 12-11-2 021

Dirección de Laboratorio: Mz. 1 Lote 74, Urb. Naranjito – Puente Piedra, alt. del Km.28,5 de la Pan. Norte
Teléfonos: 548-4976 / 349-4050 e_mail: info@equas.com.pe

Página 1 de 3



INFORME DE ENSAYO N° A3432/23

Solicitante : CALLE JIMENEZ LUIGI ENGERBERTH / DAVILA RAFAEL
ERLAND OSCAR

Dirección : Fanny Abanto Mz. F Lt. 13 - Chiclayo

Procedencia : DREN 2000 - SAN JOSE
Distrito: San Jose – Provincia: Chiclayo
Departamento: Lambayeque

Matriz de la Muestra : Agua Residual Doméstica

Fecha de Muestreo : 20 - Octubre - 2 023
Responsable del Muestreo : Personal Técnico - Empresa Solicitante

Fecha y Hora de Recepción : 21 - Octubre - 2 023 / 11:38 h
Fecha de Ejecución del Ensayo: 21 al 26 - Octubre - 2 023

Código Interno: L3432/23

PARÁMETROS	3432 - 3 ^(a)	3432 - 4 ^(a)	Expresado en:	MÉTODOS DE ENSAYO
	BI-B-R1 ^(b) (10:04 h) N 807082 – E - 11317899 ^(c)	BI-B-R2 ^(b) (10:06 h) N 807082 – E - 11317899 ^(c)		
Plomo (Pb)	0,172	0,175	mg/L	APHA 3111 B ^(*)

^(a) Código de Laboratorio

^(b) Código del Solicitante y hora de muestreo

^(c) Ubicación en coordenadas UTM – WGS 84

REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS.-

- Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater, 23 rd Ed. APHA, AWWA WEF, 2017.
- (*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA.

ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA. -

- La muestra cumple con los requisitos de calidad para ser analizadas.

Lima, 26 de Octubre de 2 023.

EQUAS S.A.
Ing. Eusebio Víctor Córdor Evaristo
Gerente General



Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Director Gerente – EQUAS S.A.

Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.

Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

El laboratorio mantendrá en custodia por 30 días, la muestra dirimente para los ensayos de metales, la solicitud de dirimencia ante la comisión debe realizarse diez días hábiles antes de su vencimiento.



INFORME DE ENSAYO N° A3432/23

Solicitante : CALLE JIMENEZ LUIGI ENGERBERTH / DAVILA RAFAEL
ERLAND OSCAR

Dirección : Fanny Abanto Mz. F Lt. 13 - Chiclayo

Procedencia : DREN 2000 - SAN JOSE
Distrito: San Jose – Provincia: Chiclayo
Departamento: Lambayeque

Matriz de la Muestra : Agua Residual Doméstica

Fecha de Muestreo : 20 - Octubre - 2 023
Responsable del Muestreo : Personal Técnico - Empresa Solicitante

Fecha y Hora de Recepción : 21 - Octubre - 2 023 / 11:38 h
Fecha de Ejecución del Ensayo: 21 al 26 - Octubre - 2 023

Código Interno: L3432/23

PARÁMETROS	3432 - 5 ^(a)	3432 - 6 ^(a)	Expresado en:	MÉTODOS DE ENSAYO
	BI-C-R1 ^(b) (10:08 h) N 807082 – E - 11317899 ^(c)	BI-C-R2 ^(b) (10:10 h) N 807082 – E - 11317899 ^(c)		
Plomo (Pb)	0,170	0,170	mg/L	APHA 3111 B ^(*)

^(a) Código de Laboratorio

^(b) Código del Solicitante y hora de muestreo

^(c) Ubicación en coordenadas UTM – WGS 84

REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS.-

- Standar Methods For The Examination Of Water And Wastewater, 23 rd Ed. APHA, AWWA WEF, 2017.
 (*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA.

ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA.-

- La muestra cumple con los requisitos de calidad para ser analizadas.

Lima, 26 de Octubre de 2 023.

EQUAS S.A.
Ing. Eusebio Víctor Córdova Evaristo
Gerente General



Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Director Gerente – EQUAS S.A.

Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.

Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

El laboratorio mantendrá en custodia por 30 días, la muestra dirimente para los ensayos de metales. La solicitud de dirimencia ante la comisión debe realizarse diez días hábiles antes de su vencimiento.

Código: F01-P.DIR.04
Revisión: 01
Fecha: 12-11-2 021

Dirección de Laboratorio: Mz. 1 Lote 74, Urb. Naranjito – Puente Piedra, alt. del Km.28,5 de la Pan. Norte
Teléfonos: 548-4976 / 349-4050 e_mail: info@equas.com.pe

Página 3 de 3



INFORME DE ENSAYO N° A3431/23

Solicitante : CALLE JIMENEZ LUIGI ENGERBERTH / DAVILA RAFAEL
ERLAND OSCAR

Dirección : Fanny Abanto Mz. F Lt. 13 - Chiclayo

Procedencia : DREN 2000 - SAN JOSE
Distrito: San Jose – Provincia: Chiclayo
Departamento: Lambayeque

Matriz de la Muestra : Agua Residual Doméstica

Fecha de Muestreo : 20 - Octubre - 2 023
Responsable del Muestreo : Personal Técnico - Empresa Solicitante

Fecha y Hora de Recepción : 21 - Octubre - 2 023 / 11:38 h
Fecha de Ejecución del Ensayo : 21 al 26 - Octubre - 2 023

Código Interno: L3431/23

PARÁMETROS	3431 - 1 ^(a)	3431 - 2 ^(a)	Expresado en:	MÉTODOS DE ENSAYO
	AI-A-R1 ^(b) (09:35 h) N 807082 – E - 11317899 ^(c)	AI-A-R2 ^(b) (09:37 h) N 807082 – E - 11317899 ^(c)		
Plomo (Pb)	0,100	0,115	mg/L	APHA 3111 B ^(*)

^(a) Código de Laboratorio

^(b) Código del Solicitante y hora de muestreo

^(c) Ubicación en coordenadas UTM – WGS 84

REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS.-

- Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater, 23 rd Ed. APHA, AWWA WEF, 2017.
 (*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA.

ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA.-

- La muestra cumple con los requisitos de calidad para ser analizadas.

Lima, 26 de Octubre de 2 023.

EQUAS S.A.
Ing. Eusebio Víctor Cóncher Evaristo
Gerente General

Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Director Gerente – EQUAS S.A.

Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.

Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

El laboratorio mantendrá en custodia por 30 días, la muestra dirimiente para los ensayos de metales, la solicitud de dirimencia ante la comisión debe realizarse diez días hábiles antes de su vencimiento.

Código: F01-P.DIR.04
Revisión: #1
Fecha: 12-11-2 021

Dirección de Laboratorio: Mz. 1 Lote 74, Urb. Naranjito – Puente Piedra, alt. del Km.28,5 de la Pan. Norte
Teléfonos: 548-4976 / 349-4050 e_mail: info@equas.com.pe

Página 1 de 3



INFORME DE ENSAYO N° A3431/23

Solicitante : CALLE JIMENEZ LUIGI ENGERBERTH / DAVILA RAFAEL
ERLAND OSCAR
Dirección : Fanny Abanto Mz. F Lt. 13 - Chiclayo
Procedencia : DREN 2000 - SAN JOSE
Distrito: San Jose – Provincia: Chiclayo
Departamento: Lambayeque
Matriz de la Muestra : Agua Residual Doméstica
Fecha de Muestreo : 20 - Octubre - 2 023
Responsable del Muestreo : Personal Técnico - Empresa Solicitante
Fecha y Hora de Recepción : 21 - Octubre - 2 023 / 11:38 h
Fecha de Ejecución del Ensayo : 21 al 26 - Octubre - 2 023

Código Interno: L3431/23

PARÁMETROS	3431 - 3 ^(a)	3431 - 4 ^(a)	Expresado en:	MÉTODOS DE ENSAYO
	AI-B-R1 ^(b) (09:39 h) N 807082 – E - 11317899 ^(c)	AI-B-R2 ^(b) (09:41 h) N 807082 – E - 11317899 ^(c)		
Plomo (Pb)	0,111	0,105	mg/L	APHA 3111 B ^(*)

^(a) Código de Laboratorio ^(b) Código del Solicitante y hora de muestreo ^(c) Ubicación en coordenadas UTM – WGS 84

REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS.-

- Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater, 23 rd Ed. APHA, AWWA WEF, 2017.
 (*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA.

ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA.-

- La muestra cumple con los requisitos de calidad para ser analizadas.

Lima, 26 de Octubre de 2 023.

EQUAS S.A.

Ing. Eusebio Víctor Córdova Evaristo
Gerente General

Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Director Gerente – EQUAS S.A.

Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.

Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

El laboratorio mantendrá en custodia por 30 días, la muestra dirimiente para los ensayos de metales, la solicitud de dirimencia ante la comisión debe realizarse diez días útiles antes de su vencimiento.



INFORME DE ENSAYO N° A3431/23

Solicitante : CALLE JIMENEZ LUIGI ENGERBERTH / DAVILA RAFAEL
ERLAND OSCAR
Dirección : Fanny Abanto Mz. F Lt. 13 - Chiclayo
Procedencia : DREN 2000 - SAN JOSE
Distrito: San Jose – Provincia: Chiclayo
Departamento: Lambayeque
Matriz de la Muestra : Agua Residual Doméstica
Fecha de Muestreo : 20 - Octubre - 2 023
Responsable del Muestreo : Personal Técnico - Empresa Solicitante
Fecha y Hora de Recepción : 21 - Octubre - 2 023 / 11:38 h
Fecha de Ejecución del Ensayo : 21 al 26 - Octubre - 2 023

Código Interno: L3431/23

PARÁMETROS	3431 - 5 ^(a)	3431 - 6 ^(a)	Expresado en:	MÉTODOS DE ENSAYO
	AI-C-R1 ^(b) (09:43 h) N 807082 – E - 11317899 ^(c)	AI-C-R2 ^(b) (09:45 h) N 807082 – E - 11317899 ^(c)		
Plomo (Pb)	0,109	0,102	mg/L	APHA 3111 B ^(*)

^(a) Código de Laboratorio

^(b) Código del Solicitante y hora de muestreo

^(c) Ubicación en coordenadas UTM – WGS 84

REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS.

- Standar Methods For The Examination Of Water And Wastewater, 23 rd Ed. APHA, AWWA WEF, 2017.
- (*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA.

ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA.

- La muestra cumple con los requisitos de calidad para ser analizadas.

Lima, 26 de Octubre de 2 023.

EQUAS S.A.
Ing. Eusebio Víctor Córdor Evaristo
Gerente General



Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Director Gerente – EQUAS S.A.

Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.

Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

El laboratorio mantendrá en custodia por 30 días, la muestra dirimente para los ensayos de metales, la solicitud de dirimencia ante la comisión debe realizarse diez días hábiles antes de su vencimiento.

Código: F01-P.DIR.04
Revisión: 01
Fecha: 12-11-2 021

Dirección de Laboratorio: Mz. 1 Lote 74, Urb. Naranjito – Puente Piedra, alt. del Km.28,5 de la Pan. Norte
Teléfonos: 348-4976 / 349-4050 e_mail: info@equas.com.pe

Página 3 de 3

Anexo 04. Punto de recolección de las muestras de agua del dren 2000



Anexo 5. Procedimiento

Fotografía 01. Recolección de muestras de agua del dren 2000.



Fotografía 02. Recolección de la muestra de *Mauritia flexuosa* del mercado Central de Nueva Cajamarca



Fotografía 03. Separación de la materia prima



Fotografía 04. Trituración mecánica de la materia prima



Fotografía 05. Limpieza en NaOH₃ de la materia prima



Fotografía 06. Lavado y secado del precursor



Fotografía 07. Impregnación con ácido fosfórico



Fotografía 08. Carbonización



Fotografía 09. Molienda y tamizado



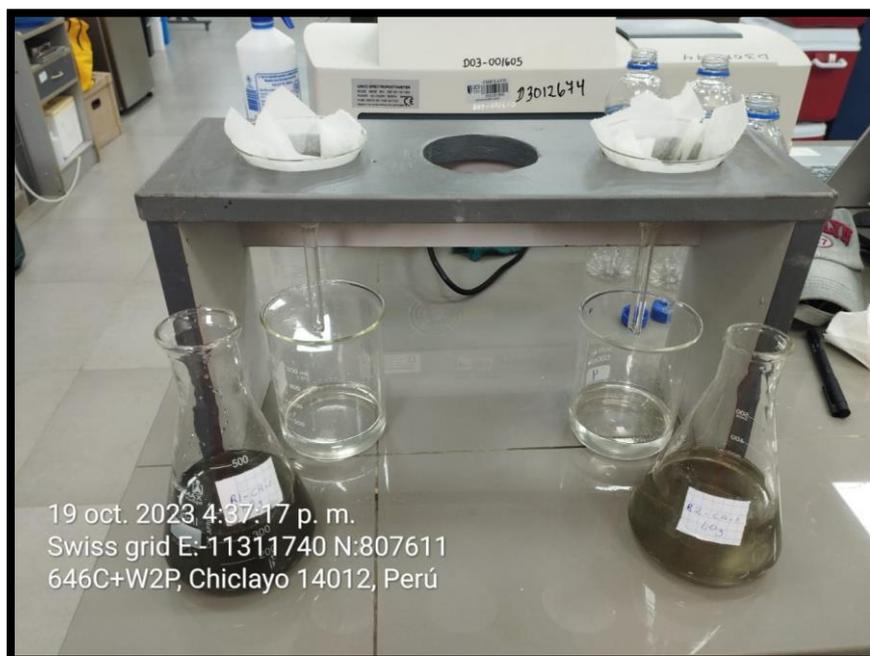
Fotografía 10. Obtención y almacenamiento del carbón activado a base de semilla de *Mauritia flexuosa*



Fotografía 11. Tratamiento de aguas residuales del dreen 2000 utilizando carbón activado a base de semilla de aguaje



Fotografía 12. Filtración de las aguas tratadas



Fotografía 13. Análisis fisicoquímico post tratamiento de las aguas residuales del dren 2000

