



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Efecto de temperatura y dosis de carbón activado de coronta de maíz en la remoción de arsénico en soluciones acuosas**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniero Ambiental

**AUTORES:**

Cortez Gutierrez, Alex Moises ([orcid.org/0000-0003-1170-388X](https://orcid.org/0000-0003-1170-388X))

Cruz Vasquez, Mikjail ([orcid.org/0000-0003-0011-2988](https://orcid.org/0000-0003-0011-2988))

**ASESOR:**

Dr. Cruz Monzon, Jose Alfredo ([orcid.org/0000-0001-9146-7615](https://orcid.org/0000-0001-9146-7615))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

TRUJILLO – PERÚ

2023

## **DEDICATORIA**

Dedicamos con profundo agradecimiento este logro a quienes han sido el faro en nuestra travesía académica. A nuestras familias, por su inquebrantable apoyo, amor y paciencia. A nuestros queridos hermanos, cuyas risas aligeraron las jornadas de estudio. A nuestros respetados profesores, por guiarnos con sabiduría y desafiar nuestro intelecto. Expresamos nuestra gratitud a todos aquellos que, de diversas maneras, contribuyeron a este importante capítulo de nuestras vidas. Este logro es tanto suyo como nuestro. Gracias por ser parte de nuestras historias y por inspirarnos a alcanzar nuevas metas.

## **AGRADECIMIENTO**

Dedicamos con profundo agradecimiento este logro a quienes han sido el faro en nuestra travesía académica. A nuestras familias, por su inquebrantable apoyo, amor y paciencia. A nuestros queridos hermanos, cuyas risas aligeraron las jornadas de estudio. A nuestros respetados profesores, por guiarnos con sabiduría y desafiar nuestro intelecto. Expresamos nuestra gratitud a todos aquellos que, de diversas maneras, contribuyeron a este importante capítulo de nuestras vidas. Este logro es tanto suyo como nuestro. Gracias por ser parte de nuestras historias y por inspirarnos a alcanzar nuevas metas.

## DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, CRUZ MONZON JOSE ALFREDO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "Efecto de temperatura y dosis de carbón activado de coronta de maíz en la remoción de arsénico en soluciones acuosas", cuyos autores son CRUZ VASQUEZ MIKJAIL, CORTEZ GUTIERREZ ALEX MOISES, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 14.00%, 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 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.

TRUJILLO, 30 de Noviembre del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
CRUZ MONZON JOSE ALFREDO DNI: 18887838 ORCID: 0000-0001-9146-7615	Firmado electrónicamente por: JACRUZM el 10-12- 2023 21:03:27

Código documento Trilce: TRI - 0674788



## DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DEL AUTOR



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

### Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, CRUZ VASQUEZ MIKJAIL, CORTEZ GUTIERREZ ALEX MOISES estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Efecto de temperatura y dosis de carbón activado de coronta de maíz en la remoción de arsénico en soluciones acuosas", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

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
ALEX MOISES CORTEZ GUTIERREZ DNI: 70262671 ORCID: 0000-0003-1170-388X	Firmado electrónicamente por: ACORTEZGU27 el 30-11-2023 22:04:48
MIKJAIL CRUZ VASQUEZ DNI: 77687809 ORCID: 0000-0003-0011-2988	Firmado electrónicamente por: CCRUZVA23 el 30-11-2023 22:07:37

Código documento Trilce: TRI - 0674787

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Declaratoria de autenticidad del asesor .....	iv
Declaratoria de originalidad de los autores .....	v
Índice de contenidos.....	vi
Índice de tabla .....	vii
Índice de figuras .....	viii
Resumen .....	ix
Abstract .....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	15
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	15
3.2. Variables y operacionalización.....	16
3.3. Población, muestra y muestreo.....	17
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	18
3.5. Procedimientos .....	18
3.6. Método de análisis de datos.....	21
3.7. Aspectos éticos.....	22
IV. RESULTADOS .....	23
V. DISCUSIÓN .....	30
VI. CONCLUSIONES.....	34
VII. RECOMENDACIONES .....	35
REFERENCIAS.....	36
ANEXOS .....	43

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b>	<i>Longitud de onda 658 nanómetros (nm)</i> .....	21
<b>Tabla 2.</b>	<i>Dosis y temperatura del carbón activado</i> .....	23
<b>Tabla 3.</b>	<i>Capacidad de absorción de carbón activo de coronta de maíz.</i> .....	23
<b>Tabla 4.</b>	<i>Remoción de arsénico en soluciones acuosa con una concentración inicial de 6.58 ppm</i> .....	24
<b>Tabla 5.</b>	<i>Análisis de varianza ANOVA</i> .....	27
<b>Tabla 6.</b>	<i>Análisis de varianza ANOVA</i> .....	27

## ÍNDICE DE FIGURA

<b>Figura 1.</b> <i>Porcentaje promedio de remoción en distintas temperaturas y dosis...</i>	25
<b>Figura 2.</b> <i>Influencia de la dosis de carbón activado y la temperatura de carbonización de la coronta de maíz.....</i>	25
<b>Figura 3.</b> <i>Factorial de los efectos principales en la concentración final de As en la solución acuosa .....</i>	26
<b>Figura 4.</b> <i>Intervalos de % de remoción vs temperatura .....</i>	28
<b>Figura 5.</b> <i>Dispersión del porcentaje de remoción de As vs. Temperatura de carbonización de la coronta de maíz.....</i>	28
<b>Figura 6.</b> <i>Dispersión de remoción de As vs la dosis de carbón activado en la solución acuosas .....</i>	29
<b>Figura 7.</b> <i>Trituración de la coronta de maíz.....</i>	64
<b>Figura 8.</b> <i>Pulverización y tamizado .....</i>	64
<b>Figura 9.</b> <i>Mezcla de coronta pulverizado y ácido fosfórico al 25% .....</i>	64
<b>Figura 10.</b> <i>Mezcla de solución en agitadores magnéticos .....</i>	65
<b>Figura 11.</b> <i>Decantado la mezcla y deshidratación en estufa .....</i>	65
<b>Figura 12.</b> <i>Peso y separación del carbón.....</i>	65
<b>Figura 13.</b> <i>Carbonización a 300°C, 400°C y 500°C.....</i>	65
<b>Figura 14.</b> <i>Preparación de solución arsénico a una concentración de 6.58ppm....</i>	66
<b>Figura 15.</b> <i>Peso de la solución 1000g .....</i>	66
<b>Figura 16.</b> <i>Peso de carbón activado en diferentes dosis 2g, 2.5g y 3g.....</i>	66
<b>Figura 17.</b> <i>Mezcla de carbón activo y solución de arsénico .....</i>	66
<b>Figura 18.</b> <i>Filtración de 15ml de la muestra .....</i>	66

## RESUMEN

La creciente preocupación mundial acerca del arsénico y sus impactos adversos en los cuerpos de agua ha impulsado la adopción de diversas tecnologías de tratamiento, como el intercambio iónico, la coagulación y floculación, la filtración por membrana y los procesos electroquímicos. No obstante, estas técnicas presentan desventajas, como la generación de lodos tóxicos, un alto consumo de energía y la producción de contaminación ambiental secundaria. Por ende, en esta investigación, se evaluó el impacto de distintas dosis y temperaturas de carbón activado de coronta de maíz en la remoción de arsénico en soluciones acuosas. La metodología empleada consistió en un diseño cuantitativo y experimental correlacional con un total de 20 tratamientos. Los resultados muestran que el carbón activado obtenido a 300°C, 400°C y 500°C, permitieron remociones de As del 76.06%, 71.35% y 70.52%, así como de 75.68%, 70.90% y 67.02% y 74.92%, 70.36% y 63.75% cuando se usan dosis de 2.0; 2.5 y 3.0 g respectivamente. Se concluyó que si hay efecto en la remoción de arsénico indicando que las temperaturas más bajas de carbonización y menores dosis resultaron con mayor eficiencia.

**Palabras clave:** Arsénico, carbón activado, coronta de maíz, soluciones acuosas, dosis, temperatura.

## ABSTRAC

Growing global concern about arsenic and its adverse impacts on bodies of water has prompted the adoption of various treatment technologies, such as ion exchange, coagulation and flocculation, membrane filtration and electrochemical processes. However, these techniques have disadvantages, such as the generation of toxic sludge, high energy consumption and the production of secondary environmental pollution. Therefore, in this research, the impact of different doses and temperatures of activated carbon from corncob on arsenic removal in aqueous solutions was evaluated. The methodology employed consisted of a quantitative and experimental correlational design with a total of 20 treatments. The results show that the activated carbon obtained at 300°C, 400°C and 500°C, allowed arsenic removals of 76.06%, 71.35% and 70.52%, as well as 75.68%, 70.90% and 67.02% and 74.92%, 70.36% and 63.75% when using doses of 2.0; 2.5 and 3.0 g respectively. It was concluded that there is an effect on arsenic removal, indicating that lower carbonization temperatures and lower doses resulted in higher efficiency.

**Keywords:** Arsenic, activated carbon, corncob, aqueous solutions, dosage, temperature.

## I. INTRODUCCIÓN

La acelerada expansión de la industrialización, el crecimiento urbano y las prácticas agrícolas han desencadenado la emisión de una variedad de contaminantes ambientales, incluyendo iones de metales pesados que exceden los límites establecidos, afectando adversamente la salud de los organismos vivos (Mariana, 2021, pág. 1). Este panorama ha suscitado preocupación por la asistencia creciente de metales en el agua, dado que la exposición prolongada a estos elementos conlleva riesgos significativos para la salud humana (Haroon, et al., 2020, p. 2).

Entre los metales pesados que han captado la atención, el arsénico (As) emerge como un elemento distribuido en el entorno natural, ocupando el vigésimo lugar en la corteza terrestre. Su presencia como contaminante en aguas naturales varía ampliamente, desde 0.5 µg/L hasta más de 5000 µg/L, siendo generado principalmente por vertidos de aguas residuales industriales provenientes de fábricas de papel, industrias de fabricación de fertilizantes, textiles, metalúrgicas y actividades mineras (Mahmoud, 2022, p. 2).

Para contrarrestar la contaminación ambiental ocasionada por el arsénico y evitar sus impactos malos para la humanidad y los ecosistemas, se han implementado diversas tecnologías de tratamiento. Entre ellas, destacan la precipitación química, intercambio iónico, coagulación y floculación, filtración por membrana, procesos electroquímicos, biosorción y nanotecnología. A pesar de sus beneficios, algunas de estas técnicas presentan desventajas como la generación de lodos tóxicos, eficiencia de eliminación limitada, necesidad de mantenimiento avanzado, alto consumo energético y costos operativos, lo que puede derivar en la generación de contaminación ambiental secundaria. (Bilal et al. 2019, p. 2)

En este contexto, la tecnología de adsorción mediante carbón activado se destaca como una opción ampliamente utilizada para la eliminación del arsénico en sistemas acuáticos. Sus ventajas, que incluyen un funcionamiento simple, bajo costo, alta eficiencia y nulo impacto ambiental negativo, haciendo de este método una alternativa sobresaliente. El carbón activado, gracias a sus propiedades fisicoquímicas, puede ser potenciado químicamente para obtener beneficios

adicionales. (Kumar, 2016, p. 3).

En el Perú, la contaminación del agua con arsénico se atribuye a prácticas humanas deficientes, principalmente vinculadas con la gestión inadecuada de residuos de operaciones mineras. Este problema afecta negativamente a la agricultura, ganadería y suministro de agua potable, teniendo un lapso significativo en las personas. (Barrenechea & Román, 2021, p. 10). La gestión de residuos mineros en el país ha generado escusas a sus puntos críticos, provocando altos componentes tóxicos y uno de ellos es el arsénico, intensificando su capacidad como fuente generadora de impactos contaminantes. Conforme a las pautas de calidad ambiental en Perú, se requiere que los niveles de arsénico en el agua destinada la adquisición de las personas superen los 0,1 mg/L, y para el riego de cultivos, se deben mantener por debajo de 0,05 mg/L (Mendez & Muños, 2021, p. 4).

En La Libertad, específicamente en el distrito de Quiruvilca, se observa un nivel significativo de contaminación por arsénico atribuible a las actividades de la minera Quiruvilca. Las diversas acciones llevadas a cabo por la minera han tenido un impacto negativo en las aguas del río Moche, ya que se han realizado sin la debida consideración ambiental, resultando en el abandono total del cierre adecuado de la mina. Debido a esta situación, la Autoridad Nacional del Agua (ANA) ha declarado un estado de emergencia para los recursos hídricos, ante el riesgo inminente de contaminación. Además, la declaración de emergencia cuenta con la aprobación del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), que ha ordenado el cierre de las canchas de relaves (Reyes & Villanueva, 2021, p. 9).

Dada la importancia de abordar las soluciones asequibles y de bajo costo, se destaca el empleo de carbón activado obtenido de residuos biodegradables como la coronta de maíz que puede ser una alternativa orgánica para la remoción de arsénico de los cuerpos de aguas contaminadas. En este contexto, se plantea como pregunta general: ¿Cuál es el efecto de Temperatura y dosis del Carbón Activado de Coronta de Maíz en la Remoción de arsénico en Soluciones Acuosa? y los siguientes problemas específicos: ¿Cuál es el efecto de la dosis de carbón activado de coronta de maíz obtenido a diversas temperaturas en la capacidad de remoción de arsénico en soluciones acuosa?; ¿Cuál es la temperatura más eficaz del carbón

activado de Coronta de Maíz en la remoción de arsénico en soluciones acuosas?; ¿Cuál es la dosis más eficaz del carbón activado de Coronta de Maíz en la remoción de arsénico en soluciones acuosas?

La investigación se justifica en varias dimensiones. Socialmente, ofrece una clara visión del deterioro de los recursos hídricos, proponiendo una valiosa alternativa para abordar la contaminación del agua y brindando beneficios tangibles a la sociedad. Económicamente, respaldada por datos concretos, identifica estrategias más Métodos efectivos y rentables para purificar las aguas con arsénico, contribuyendo a la optimización de recursos financieros. Ambientalmente, desempeña un papel activo en la descontaminación del agua, representando una contribución significativa para preservar y restaurar la calidad del agua, esencial para el equilibrio ecológico y la sostenibilidad medioambiental.

Asimismo, el objetivo general del estudio fue: Evaluar el efecto de la temperatura y dosis del carbón activado de Coronta de Maíz en la remoción de arsénico en soluciones acuosas, como objetivos específicos fueron: Evaluar el efecto de la dosis de carbón activado de coronta de maíz obtenido a diversas temperaturas en la capacidad de remoción de arsénico en soluciones acuosa; Evaluar la temperatura de carbonización más eficaz para la remoción de arsénico en soluciones acuosas; Evaluar la dosis más eficaz del carbón activado de Coronta de Maíz en la remoción de arsénico en soluciones acuosas.

Hipótesis: Las diferentes dosis de carbón activado de coronta de maíz, obtenido a diferentes temperaturas, tienen un impacto significativo en la remoción de arsénico en soluciones acuosas.

## II. MARCO TEÓRICO

En el marco teórico de esta tesis, se examinaron investigaciones a nivel internacional que se focalizaron en las variables fundamentales de nuestro estudio. Estas investigaciones ofrecieron un análisis preciso y detallado de los elementos en cuestión, proporcionando una perspectiva enriquecedora tanto a nivel global como nacional dentro del ámbito de estudio.

(Gonzaga et al. 2021, p. 4) llevaron a cabo un exhaustivo análisis en la localidad de Tumbes con el propósito de fabricar carbón activado a partir de residuos de coronta de maíz, con el objetivo específico de eliminar arsénico de soluciones acuosas. Durante la carbonización a 600 °C durante 2 horas, se generó un material con una estructura microporosa y un área superficial de 144,13 m<sup>2</sup>/g, según revelaron los análisis texturales, morfológicos y estructurales realizados. Las pruebas de adsorción de arsénico incluyeron análisis tanto de equilibrio como de cinética, revelando una Optimización adecuada conforme al modelo de Dubinin-Radushkevich, con una adsorción de 12,16 mg/g. En cuanto a la cinética, el modelo de Elovich demostró ser el mejor ajustado, aunque los modelos de Pseudo-Primer orden y Pseudo-Segundo orden también proporcionaron resultados notables, alcanzando 10,54 mg/g y 15,59 mg/g, lógicamente.

En su investigación, (Paredes & Portilla, 2021, p. 1) Realizaron una investigación en Perú con el propósito de analizar y perfeccionar la eliminación de arsénico total en entornos acuosos utilizando carbón activado derivado de coronta de maíz, tanto inerte con permanganato de potasio. Las corontas de maíz fueron recolectadas, lavadas, secadas y tamizadas antes de someterse a la modificación con permanganato de potasio. Las condiciones ideales para la adsorción del arsénico total en medio acuoso mediante el uso de partículas pequeñas (entre 250 y 150  $\mu$ m), logrando un 80,42 % y 80,08 % de eliminación del arsénico, respectivamente; la optimización reveló la viabilidad de lograr un porcentaje de eliminación del 94,30 % con 3 g de adsorbente a un pH de 4, concluyendo que el pH no tuvo un impacto significativo en el proceso.

En esta investigación (Fiesta & Millones, 2019, p. 8) en Morrope, llevaron a cabo una evaluación de impacto y la duración de la interacción del carbón activado

obtenido a partir de la cáscara de coco en la depuración del agua subterránea afectada por la presencia de arsénico en Morrope. En la fase inicial, se llevó a cabo la fabricación de carbón activado a partir de 1109 g de cáscara de coco, resultando en aproximadamente 487 g de carbón activado con un nivel de eficiencia del 43,91%. Para el análisis del impacto de la proporción y la duración de interacción en la eliminación de arsénico, se recopilaron dieciocho muestras de agua proveniente de pozos en Morrope (Cruz del Médano - Lambayeque). Se llevaron a cabo experimentos utilizando tres concentraciones de carbón activado de cáscara de coco (2, 4, 6 g/l) y tres lapsos de tiempo de interacción (1, 2 y 3 horas), con dos repeticiones asignadas a cada tratamiento. Los resultados indicaron que la concentración de 6 g/l durante 3 horas mostró el porcentaje más alto de remoción, alcanzando un 72%. En la etapa inicial, la cantidad de arsénico se registró en 0.11 mg/L, y, al final del proceso, se redujo a 0.0297 mg/L.

En su estudio sobre la eliminación del arsénico tóxico (Kumar & Balasubramanian, 2023, p. 1) utilizaron adsorbentes derivados de materiales de desecho fácilmente disponibles. Recopilaron datos sobre las capacidades de adsorción, área superficial, termodinámica y cinética de varios adsorbentes para eliminar tanto As(III) como As(V). La gestión de los adsorbentes y los residuos contaminados con arsénico planteó un desafío significativo debido a los efectos tóxicos y de lixiviación del arsénico. Para abordar esta problemática, se implementó una técnica apropiada de estabilización/solidificación (S/S) para la eliminación de los desechos de arsénico. Este método implicó mezclar los desechos con materiales como cemento Portland, hierro, cenizas, entre otros, con el fin de reducir el efecto de lixiviación y garantizar una disposición adecuada de los desechos contaminados con arsénico.

(Ochonogor et al. 2019, p. 3) realizaron una investigación en Nigeria centrada en la eliminación de arsénico de soluciones líquidas empleando carbón activado derivado de la cáscara de semilla de *Dialium guineense*. La elección de esta muestra se basó en su elevado índice de yodo (962,52 mg/g), que supera al de la muestra cruda (601,57 mg/g). El análisis aproximado de la cáscara de la semilla cruda de *Dialium guineense* reveló un bajo contenido de cenizas (1,70%) y un

contenido moderado de carbono fijo (32,97%). Los experimentos en lotes abarcaron la variación de parámetros tales como el pH, la duración de interacción, la concentración inicial y la temperatura. El modelo Freundlich exhibió el mejor ajuste ( $R^2 = 0,998$ ) en comparación con las isotermas de Langmuir ( $R^2 = 0,991$ ) y de Tempkin ( $R^2 = 0,984$ ). Además, el valor positivo de  $\Delta H^\circ$  (51,68 kJ/mol) indicó una naturaleza endotérmica del proceso de adsorción.

Rojas en 2020. En Nicaragua, la valoración de la eficacia para eliminar arsénico mediante el uso de carbón activado artesanal como absorbente fue llevada a cabo, el experimento se realizó en duplicado con el carbón activado, explorando dos tamaños diferentes de partículas (2 - 4 mm y 0,6 mm) y dos lapsos de tiempo de contacto (6 h y 12 h). Este enfoque proporcionó directrices prácticas para perfeccionar la optimización de los procesos de tratamiento y la mejora de la eficacia general en la eliminación de arsénico en los sistemas de suministro de agua. Los resultados mostraron que las tasas más altas de eliminación de arsénico se lograron mediante la aplicación del tratamiento secuencial con carbón activado, obteniendo porcentajes del 54%, 50%, y 58% para las tres concentraciones tratadas, respectivamente.

(Guangcai & Hongyuan, 2020, p. 5) llevaron a cabo un estudio en China sobre el carbón activado derivado de paja de maíz y tratado a 600 °C con una solución de  $\text{FeCl}_3$ , demostrando una destacada capacidad de absorción de arsénico de 6,77 mg/g con una dosis de 5,0 g de carbón. Se elaboró carbón activado mediante el método de magnetización en dos pasos, evidenciando las mayores capacidades de adsorción a 6,77 y 6,31 mg/g.

(RODRIGUEZ. V, 2018, p. 9) se adentra en la modificación con hierro del uso de carbón activado para eliminar el arsénico en agua. Se empleó carbón obtenido de madera de encino, activado y luego impregnado con hierro con el objetivo de mejorar su habilidad de adsorción de arsénico en soluciones acuosas. El carbón activado fue sometido a una oxidación con ácido nítrico a 360K, generando grupos funcionales ácidos en su estructura. El carbón activado oxidado, impregnado con hierro en un medio controlado por un amortiguador, exhibió la capacidad de adsorción más alta de arsénico por cada gramo de carbón (62 mg/g). Por otro

lado, el carbón activado sin oxidar, impregnado con hierro mediante el control del pH con solución amortiguadora, destacó en la remoción de arsénico en agua, logrando una eficiencia del 95% al utilizar 0.5 g/L del carbón modificado desde una solución inicial de arsénico de 200 µg/L.

(Gonzales & Segovia, 2020, p. 13) se planteó una evaluación de la reducción de los niveles totales de arsénico en el suministro de agua potable en Quequeña, Arequipa, fue planteada mediante el uso de carbón activado proveniente de coronta de maíz blanco. La proporción utilizada consistió en 423 g de carbón activado por litro de agua, logrando una eficaz disminución en los niveles de turbidez y cloro residual en el agua potable, con porcentajes que variaron entre el 46.9% y el 68.9% para la turbidez, y entre el 87.5% y el 100% para el cloro residual. También se observó una reducción significativa del arsénico, situándose entre el 32.8% y el 66.7%. Los resultados de la eliminación de la concentración de arsénico indicaron que el carbón activado de coronta de maíz logró una reducción del 48.8% en la concentración de arsénico en el agua, asegurando el cumplimiento de la normativa vigente sobre la calidad del agua potable.

(Condori, 2019, p. 12) se propuso evaluar la capacidad de adsorción del carbón activado derivado de lenteja de agua en presencia de soluciones acuosas de arsénico. Utilizando 3 kilos de materia prima seca, llevaron a cabo la activación de la lenteja de agua a una temperatura de carbonización de 450°C durante 30 minutos, seguido de la determinación de sus características. Los resultados revelaron que el carbón activado mostró un rendimiento del 83%, según el índice de yodo. En los ensayos de adsorción de arsénico, se observó que cada 100 ml de carbón activado logró una adsorción de 14.64 mg de arsénico por litro, representando una eficiencia de remoción del 97.60%. En conclusión, se determinó que el carbón activado obtenido de lenteja de agua exhibe una destacada capacidad de adsorción, logrando una eficiencia del 97.60% en la remoción de arsénico en soluciones acuosas.

(Sun, et al. 2021, p. 1) desarrollaron biocarbón a partir de residuos agrícolas y forestales, centrándose en la revisión de métodos y parámetros de preparación de AFWAC (Activated Biocarbon from Agricultural and Forestry Wastes). Exploraron

las fases de carbonización y activación, llevando a cabo un análisis detallado de factores clave como los tipos de activadores, sus cantidades, así como la temperatura y tiempo de activación para optimizar la estructura porosa del biocarbón. Además, se examinaron otras propiedades del AFWAC y se realizó un análisis económico. Cabe destacar que se estableció que la temperatura eficiente de carbonización para la lignina Kraft impregnada con FeO es de 800 °C, logrando una notable eliminación del 93.9% de arsénico en aguas residuales.

(Silva, 2018, p. 1) En la evaluación de la disminución de los niveles totales de arsénico en el suministro de agua potable en el distrito de Quequeña, Arequipa, mediante el uso de carbón activado de coronta de maíz blanco. Se emplearon 423 g de carbón activado por litro de agua, logrando una eficaz reducción en los niveles de turbidez y residuos de cloro en el agua potable, con porcentajes que oscilan alrededor del 46.9% y el 68.9% para la turbidez, y entre el 87.5% y el 100% para el cloro residual. También se experimentó una significativa disminución, situándose entre el 32.8% y el 66.7%. Los resultados obtenidos a través de la eliminación de la concentración de arsénico indicaron que el carbón activado de coronta de maíz logró una reducción del 48.8% en la concentración de arsénico en el agua, garantizando el cumplimiento de los estándares establecidos para la calidad del agua potable. Estos hallazgos indican claramente que las condiciones específicas de síntesis, en este caso, una temperatura de carbonización de 400 °C y una relación de impregnación de 0.5 g, son cruciales para lograr un carbón activado con óptimas propiedades de adsorción de arsénico.

(Sahu, et al. 2022, p. 1) llevaron a cabo una investigación sobre la adsorción de arsénico (As) a partir de soluciones acuosas utilizando cáscara de *Pisum sativum* pirolizada a temperaturas de 500 °C y 600 °C, respectivamente. Se descubrió que la eficiencia a 600 °C fue superior a la de 500 °C para la adsorción de iones de arsénico (III) y arsénico (V). Las capacidades de adsorción para la eliminación de As (III) fueron de 0,7297 mg/g y 1,3335 mg/g a 500 °C y 600 °C, respectivamente. El modelo de isoterma de Langmuir fue considerado como la mejor opción para describir la adsorción de As (III) a 500°C y 600 °C, así como para la adsorción de As (V) a 500 °C. Por otro lado, el modelo de isoterma de Freundlich resultó óptimo para la eliminación de As (V) a 600 °C.

(Mahmoud, et al. 2022, p. 2) en Egipto habla acerca de la absorción de arsénico en aguas turbias. Los estudios cinéticos indicaron que el modelo de segundo orden es el más adecuado para describir la adsorción de iones de arsénico. Las condiciones de adsorción de arsénico optimizadas mostraron un mejor ajuste con la isoterma de Freundlich, exhibiendo capacidades de adsorción óptimas de 422,9 mg/g y 423,55 mg/g para As (III), respectivamente. Se identificó que el principal mecanismo para la adsorción de iones ocurrió en condiciones moderadamente ácidas (pH superior a 6), mientras que en condiciones altamente ácidas (pH = 2–6) se manifestó como el mecanismo predominante.

(Torres, 2022, p. 5) evaluó la eficacia de tres tratamientos para la remoción de arsénico en aguas potables contaminadas: biomasa seca molida de nopal (T1), carbón activado de nopal (T2) y una combinación de ambos (T3). El tratamiento T3, que empleó biomasa seca molida y carbón activado de nopal, demostró la mayor eficacia con porcentajes de remoción del 93.3%, 60%, y 50% para muestras de 0.1 mg/L, 0.025 mg/L y 0.02 mg/L de arsénico, respectivamente. Todos los parámetros evaluados se mantuvieron dentro de los límites permisibles, destacando al T3 como el tratamiento más efectivo, seguido por la biomasa seca molida y, en menor medida, el carbón activado de nopal.

(Barrenechea & Román, 2021, p. 8) En su investigación, se propusieron evaluar la eficacia del carbón activado elaborado a partir de durazno y aguacate americano en la remoción de arsénico del agua proveniente del río Mala-Cañete en el año 2021. Para llevar a cabo las pruebas, se empleó un Test de Jarras con distintas dosis (3, 5 y 7 g) de carbón activado derivado de durazno y aguacate americano, ajustando los tiempos de contacto a intervalos de 1, 15 y 30 minutos. Los resultados obtenidos indicaron que los carbones activados de durazno lograron una eficiente eliminación del 96.94% y el 97.19% del arsénico, respectivamente. En cuanto al carbón activado de aguacate americano, se observaron remociones de arsénico del 95.37% y 95.52%, respectivamente.

(Quijano, 2019, p. 5) Se demostró la eficacia del uso de carbón activado derivado de paja de trigo, en dosis de 2 g, 2.5 g y 3 g, para la eliminación de arsénico presente en las aguas del río Pelagatos, ubicado en el Distrito de Pampas,

Provincia de Pallasca, Departamento de Ancash. El método utilizado en este estudio fue de carácter experimental. En la primera aplicación del carbón activado de paja de trigo (2 g), se realizaron pruebas con muestras de agua en dos tiempos de contacto diferentes: el primero a 100 rpm durante 3 minutos (tiempo rápido) y el segundo a 50 rpm durante 15 minutos (tiempo lento), seguido de un periodo de reposo de 15 minutos. Los resultados para la eliminación de arsénico fueron los siguientes: la muestra n°1 (0,014 mg/L) logró una reducción del 39% en comparación con el estándar (0.023 mg/L); la muestra n°2 (0.010 mg/L) alcanzó una reducción del 56% respecto al estándar; y la muestra n°3 (0.007 mg/L) mostró una reducción del 70% en comparación con el estándar (0.023 mg/L). Este enfoque resultó particularmente efectivo en las muestras n°2 y n°3, cumpliendo con los estándares para el consumo humano según las regulaciones del ECA.

(Chirinos, 2023, p. 8) Realizó una evaluación en Lima sobre la efectividad en la eliminación de arsénico mediante el uso de carbón activado proveniente de *Stipa ichu* y hematita, aplicándolo a una muestra de agua subterránea extraída de la urbanización San Crispín en Juliaca, Puno. El análisis inicial reveló una concentración de arsénico de 0,1205 mg/l, superando los estándares de la Organización Mundial de la Salud. Para abordar este problema, se aplicó un tratamiento que consistió en ichu carbonizado, activado y triturado, combinado con hematita en proporciones de 50% cada uno. Los resultados fueron positivos, logrando una eficiencia de eliminación de arsénico de hasta un 96.60% en la muestra de agua subterránea, siendo la dosis de 10g/l la más efectiva.

Según (Bahadur, et al. 2021, p. 1) investigó el potencial del carbón activado derivado de semillas de *Delonix regia* y semillas de dátiles, disponibles localmente, para la remoción de metales pesados, en particular el arsénico, como parte de la limpieza ambiental. Los carbones activados resultantes fueron caracterizados mediante análisis elemental y próximo, análisis CHNS/O, espectroscopia infrarroja transformada de Fourier, y métodos termogravimétricos. Se llevó a cabo un estudio detallado y optimización de la capacidad del biosorbente para adsorber iones de arsénico en aguas residuales sintéticas, considerando variables como el pH de la solución, la dosis de adsorbente y las concentraciones iniciales de metal. Los resultados revelaron que los carbones activados derivados de las semillas de

dátiles lograron una eficiente eliminación del 95% del arsénico presente en las aguas residuales sintéticas, mientras que los derivados de semillas de *Delonix regia* alcanzaron una remoción del 93.8%.

Según Gula, et al. 2022, p. 2 se centraron en la síntesis, activación y modificación del carbón activado para analizar sus propiedades distintivas, que incluyen áreas superficiales elevadas (273–827 m<sup>2</sup>/g) y volúmenes totales de poros (0,27–0,69 ml/g), mayormente compuestos por microporos con diámetros de 8,2 Å a 12,4 Å. Se exploraron diversos parámetros que influyen en la eficiencia de adsorción del carbón activado, como la cantidad de adsorbente, el pH y las propiedades superficiales; a pesar del rápido crecimiento en las aplicaciones del carbón activado, persisten limitaciones, especialmente en cuanto a la escala y consideraciones detalladas para la síntesis, especialmente en relación con desechos no degradables.

Según (Acevedo, 2018, p. 4) en México, se dedicó al estudio de la eliminación de arsénico mediante carbón activado granular de cáscara de coco debido a su mayor afinidad con el arsénico. El objetivo principal fue evaluar la capacidad de remoción de arsénico mediante procesos específicos y definir parámetros óptimos como pH, tiempos de contacto y concentraciones de arsénico. En la fase experimental, se caracterizó el carbón activado en la primera etapa, centrándose las dos siguientes en determinar los valores óptimos de pH, tiempos de reacción y concentraciones de arsénico para la adsorción. La última etapa evaluó el rendimiento con los parámetros óptimos, mostrando eficiencias superiores al 90% en todas las pruebas, con concentraciones de equilibrio promedio de 20 ppb al final del proceso. Estos resultados confirman que el proceso de adsorción en el carbón activado de cáscara de coco, bajo condiciones específicas de pH y tiempos de reacción, logra reducir la concentración de arsénico en soluciones de 500 ppb en más del 90%.

Según (Bilal, 2019 p. 2) se exploró la eficiencia de la remoción de arsénico en aguas contaminadas mediante el uso de diferentes tipos de carbón activado. Entre los materiales evaluados se incluyeron cáscara de huevo (78%), semillas de ciruela (87%), cáscara de castaña de agua (75%), mazorca de maíz (67%),

desechos de té (74%), y cáscara de granada (65%), utilizando una dosis de 1 gramo. Los resultados obtenidos destacan la crucial influencia de la temperatura y la dosis en la eficacia del carbón activado para la remoción de arsénico en soluciones acuosas.

Según (Medina & Manrique, 2018, p. 5), Realizaron la generación de carbón activado empleando restos de tela de algodón sin valor económico con el propósito de reducir la cantidad de arsénico en los vertidos textiles. El objetivo principal de la investigación fue examinar las propiedades absorbentes del carbón activado elaborado a partir de estos desechos, ajustando tanto el tamaño de las partículas como la proporción de los residuos de algodón durante el proceso de creación. Con este fin, llevaron a cabo un seguimiento preliminar del vertido textil, que inicialmente mostraba una concentración de arsénico de 2.56 mg/L. Posteriormente, fabricaron el carbón activado utilizando 2.50 kg de residuos textiles para cada variante de carbón activado. Los resultados señalaron que el carbón activado producido con 100% de algodón y un tamaño de partícula de 0.25 mm sobresalió como el más eficiente, alcanzando una efectividad de eliminación del 85.55%. Este desempeño se logró utilizando 150 g de carbón activado en una hora de interacción con dos litros de vertido textil.

Según (Roncal, 2020, p. 2), investigó la efectividad de la carbonización a 450 °C en la producción de carbón a partir de la cáscara de arroz, con especial atención a la problemática del arsénico en el agua y sus impactos negativos en el desarrollo sostenible. La metodología experimental de este estudio se enfocó en analizar el impacto del tiempo de contacto del carbón activado en el proceso de adsorción del arsénico. Los resultados obtenidos revelaron una correlación directa entre el aumento de las cantidades de carbón activado y los tiempos de contacto, demostrando un incremento proporcional en el porcentaje de eliminación del arsénico. Entre las capacidades de absorción más sobresalientes, se destacaron valores de 18.9 mg/g y 19.3 mg/g para el arsénico, indicando la eficacia del proceso bajo estas condiciones específicas.

La comprensión de los principios teóricos fue esencial para avanzar en la investigación en curso, ya que constituyen la base conceptual fundamental. En

esta sección, se examinaron los conceptos teóricos fundamentales vinculados al tema de investigación, estableciendo los cimientos conceptuales esenciales para abordar de manera completa y rigurosa los objetivos planteados en este estudio.

La remoción del arsénico implica en eliminar o reducir la concentración de este elemento en un medio, como el agua. Diversas técnicas pueden ser empleadas, como la aplicación de carbón activado para adsorber el arsénico del agua. Sin embargo, es importante destacar que este método exhibe notables ventajas como su habilidad para funcionar eficientemente incluso cuando las concentraciones de contaminantes son bajas, su capacidad para adaptarse a cambios en el caudal y la concentración del agua, sus necesidades de espacio moderadas y su facilidad para la automatización (Fiestas & Millones, 2019, p. 26).

Las soluciones acuosas son mezclas homogéneas en las que el agua actúa como solvente, siendo ampliamente utilizadas para disolver sustancias y generar soluciones en las que los solutos se dispersan uniformemente en el líquido. Estas soluciones desempeñan un papel crucial, especialmente cuando se trata de sustancias que se presentan en diversas formas, siendo el arsénico uno de los elementos destacados en relación con su presencia en el agua (Basso, et al. 2018 p. 10).

El carbón activado hace referencia a adsorbentes carbonáceos que han pasado por procesos que culminan en un elevado grado de cristalización y porosidad. Estas particularidades mejoran de manera significativa la capacidad del material para adsorber sustancias, convirtiéndolo en un agente altamente efectivo para la retención de compuestos indeseados. Además, es sometido a tratamientos químicos para alcanzar una elevada porosidad y una amplia área de superficie interna, junto con su temperatura específica de carbonización, hacen que este material destaque. Estas propiedades, en conjunto con la composición química de sus átomos de carbono, confieren al carbón activado la capacidad de atraer y retener selectivamente ciertas moléculas presentes en el fluido que lo rodea. La preparación del carbón activado se lleva a cabo mediante diversos métodos que incrementan su porosidad y, por ende, potencian su capacidad de adsorción gracias a la amplia superficie de contacto y la interacción efectiva entre el

adsorbente y el adsorbato (Fiestas & Millones 2019, p. 29).

La coronta de maíz, la porción central y fibrosa de la mazorca tras la extracción de los granos, presenta diversas características y aplicaciones. Composicionalmente, está compuesta principalmente por fibras de celulosa y hemicelulosa, con un contenido nutricional, como almidón, aunque en menor medida que los granos. Tras la cosecha, la coronta se considera un residuo agrícola, planteando preocupaciones ambientales y agrícolas en cuanto a su gestión, incentivando la búsqueda de prácticas sostenibles. Además de su uso tradicional en algunas culturas, la coronta destaca por su potencial como biomasa para la producción de energía renovable, así como su aplicabilidad como forraje para el ganado (Gonzales & Segovia 2020, p. 24)

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

##### 3.1.1. Tipo de investigación

La investigación desarrollada, fue de tipo básica y de enfoque cuantitativo dado a que se centró en buscar métodos que ayuden analizar la temperatura y la dosis de carbón activado procedente de coronta de maíz interviene en la remoción de arsénico en soluciones acuosas.

##### 3.1.2. Diseño de la investigación

El diseño opta por una orientación, experimental de tipo correlacional. En esta perspectiva, se procederá a la manipulación de las variables relevantes, la recopilación de datos en formato numérico, y se realizará un análisis estadístico con el objetivo de identificar patrones y relaciones entre dichas variables. (Hernández, 2014), ya que identificó la interacción de las variables independientes, temperatura y dosis de carbón activado, en relación con la remoción del arsénico en soluciones acuosas con una concentración inicial de 6.58 ppm.



Donde:

M = muestra

O1 = observación de concentración de arsénico antes del tratamiento

O2 = observación de concentración de arsénico después del

tratamiento X = aplicación del tratamiento

### 3.2. Variables

- **Variable independiente:** La variable estudiada en este caso fue el carbón activado de coronta de maíz, que abarcó diversas dimensiones, tales como temperatura y dosis.

El carbón activado hace referencia a adsorbentes carbonáceos que han pasado por procesos que culminan en un elevado grado de cristalización y porosidad. Estas particularidades mejoran de manera significativa la capacidad del material para adsorber sustancias, convirtiéndolo en un agente altamente efectivo para la retención de compuestos indeseados. (Fiestas & Millones 2019). los indicadores se miden en (°c) y en (g)

- **Variable dependiente:** La variable estudiada en este caso fue la remoción de arsénico (As), que abarcó diversas dimensiones, tales como concentración y remoción.

La remoción de arsénico implica eliminar o reducir la concentración de este elemento en un medio, como el agua. Diversas técnicas pueden ser empleadas, como la aplicación de carbón activado para adsorber el arsénico (Fiestas & Millones 2019). La eliminación de arsénico se consigue al aplicar carbón activado a una temperatura de carbonización adecuada, utilizando una dosis y tiempo de reacción apropiados en una solución que contenga arsénico (Kumar 2018).

### **3.3. Población, muestra y muestreo**

#### **3.3.1. Población**

La población seleccionada para esta investigación consistió en el efluente proveniente de la relavera Santa Catalina, situada en el pueblo Shorey, distrito de Quiruvilca, provincia de Santiago de Chuco, en el departamento de la Libertad.

#### **3.3.2. Muestra**

La muestra utilizada en este estudio fue extraída del efluente de la relavera Santa Catalina, inicialmente con una concentración de 152.1 ppm de arsénico. Se tomó una porción de 1.5 litros, la cual fue diluida con agua destilada hasta alcanzar un volumen final de 34.6 litros, resultando en una concentración de arsénico de 6.58 ppm.

#### **3.3.3. Muestreo**

El muestreo llevó un enfoque no probabilístico por conveniencia, ya que las muestras se recopilaron de acuerdo al criterio de los investigadores. El muestreo del efluente se obtuvo de la escorrentía en una parte profunda con la ayuda de una jarra de 1 litro, se extrajo un volumen de 20 litros y luego se transportó a laboratorio y se obtuvo una muestra para analizar la concentración de arsénico mediante espectrometría de absorción atómica (servicio brindado por un laboratorio externo).

#### **3.3.4. Unidad de análisis**

La unidad de análisis estuvo conformada por 1000ml de solución acuosa con una concentración inicial de 6.58ppm de arsénico. Cada unidad recibió una dosis diferente de carbón activado. Todas las unidades. tuvieron 2 repeticiones y se sometieron a la prueba de agitadores magnéticos por 3 horas a 400 rpm incluido el testigo.

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

La técnica utilizada fue la observación experimental, lo cual permitió obtener datos de la condición del experimento, para apreciar la problemática en cuestión y realizar evaluaciones a diferentes muestras del estudio. Esta técnica fue de gran utilidad y de tipo intencional.

El instrumento usado fue la ficha de observación, esto permitió registrar los datos obtenidos y los análisis de las pruebas de laboratorio, registrando cada resultado por parámetro analizado.

En este contexto, los instrumentos descritos en el Anexo 1 fueron validados mediante un juicio de expertos para evaluar su credibilidad y su capacidad real para medir la variable de estudio. Asimismo, se buscó asegurar la confiabilidad de los instrumentos, verificando que produzcan consistentemente los mismos resultados al aplicarse en múltiples ocasiones bajo las mismas condiciones.

### **3.5. Procedimientos**

El procedimiento que se siguió fue el siguiente:

a) Obtención del maíz

La obtención de coronta de maíz comenzó con la adquisición del maíz en el mercado La Hermelinda de Trujillo. Posteriormente, las muestras fueron transportadas al laboratorio de ingeniería metalúrgica de la Universidad Nacional de Trujillo, donde se llevaron a cabo los procesos de carbonización y activación.

b) Elaboración del carbón activado

La preparación del carbón activado se obtuvo de 3kg de coronta de maíz y siguiendo los siguientes pasos:

- En un mortero se trituró la coronta de maíz en pedazos pequeños, para luego lavarlo con abundante agua destilada (15L) y así eliminar impurezas.

- Después se secó en una estufa a 105 grados centígrados durante 12 horas y en reposo a temperatura ambiente durante 12 horas, luego se pasó a la pulverizadora en la cual colocamos la coronta triturada y seca durante 3 min para la obtención de trozos pequeños uniforme.
- Después de la pulverización, se realizó un tamizado utilizando un tamiz de N.º 35 para obtener partículas de tamaño específico, enfocándose en las que pasaron a través del tamiz.
- Posteriormente, se midieron 300 g de coronta tamizada, los cuales fueron divididos en tres porciones de 100 g cada una. Estas porciones se mezclaron con 900 g de ácido fosfórico con una concentración del 25%, utilizando agitadores magnéticos a 400 rpm durante un periodo de 5 horas para llevar a cabo la absorción y homogenización.
- En la etapa siguiente, se extrajo el líquido de las tres mezclas mediante una jeringa y luego se procedió a utilizar la máquina de filtro prensa para eliminar el líquido remanente.
- La muestra fue dispuesta en bandejas metálicas y posteriormente colocada en la estufa durante 16 horas con el objetivo de llevar a cabo su deshidratación
- Después de extraer las muestras de la estufa, se trasladaron a morteros de tierra y se sometieron a la mufla durante 60 minutos a temperaturas específicas: 300, 400 y 500 °C para cada muestra
- El carbón resultante fue sometido a múltiples lavados con agua destilada con el fin de eliminar los residuos del agente activador.
- Por último, se procedió a colocar las 3 muestras de carbón en un horno a 105°C durante 24 horas.

c) Preparación de la solución acuosa sintético

Para la muestra de la solución acuosa sintético se manejó un volumen total de 1.5 litros de solución contaminada proporcionada por el laboratorio de metalurgia de la UNT. Para su preparación, se diluyó con 33.1 litros de agua destilada, generando así 34.6 litros de solución acuosa con una concentración de arsénico de 6.58 ppm.

d) Proceso de adsorción de arsénico

De acuerdo con el diseño experimental, se aplicaron diferentes dosis a la muestra para luego determinar cuál fue la más eficiente.

- De los 34.6 litros de solución acuosa se pesó un litro en 18 vasos de precipitado distintos para luego agregar las dosis de 2g, 2.5g y 3g del carbón activado a distintas temperaturas de carbonización (300°C, 400°C y 500°C). Este proceso se realizó 2 veces.
- Luego, se procedió a mezclar la solución acuosa de arsénico con las dosis de carbón activado mediante agitadores durante un periodo de 3 horas. Posteriormente, se extrajeron 15 ml de cada solución de un litro utilizando papel filtro, y dichas muestras fueron enviadas al laboratorio LABMINPERÚ S.A.C. para su correspondiente análisis.

e) Prueba de absorción del carbón activado con azul metileno

Se llevo a cabo los siguientes pasos:

- Para la prueba de absorción de azul de metileno se preparó una solución con una concentración 100 ppm, la cual se redujo posteriormente a 6.58 ppm para simular la concentración de arsénico (utilizando la fórmula  $C1 * V1 = C2 * V2$  para la reducción de ppm).
- Luego el carbón activado fue incorporado en soluciones de azul de metileno con concentración de 6.58 ppm en nueve vasos de precipitado, empleando distintas temperaturas (300°, 400°, 500°) y dosis (2 g, 2.5 g, 3 g).

- Las nueve muestras fueron homogeneizadas mediante agitadores magnéticos durante un tiempo determinado y luego filtradas en tubos de ensayo para su posterior análisis de absorción.
- Por último, se tomaron cuatro muestras de azul de metileno (50 g) con concentraciones de 1,5,10 y 15 ppm, con las cuales se elaboró la curva de calibración de absorbancia de azul de metileno a 658 nanómetros, como se presenta a continuación.

**Tabla 1.** Longitud de onda de 658 nanómetros (nm)

<b>Concentración de azul metileno (ppm)</b>	<b>Absorbancia (UA)</b>
1	0.092
5	0.718
10	1.402
15	2.098

Fuente: Elaboración propia

### 3.6. Métodos de análisis de datos

Para analizar los resultados obtenidos, empleamos el software estadístico Minitab 21, diseñado para identificar significados, tendencias, encontrar y prever patrones, así como descubrir relaciones ocultas entre variables y crear gráficos estadísticos. El método estadístico utilizado con el objetivo de validar las hipótesis nula y alternativa respecto al impacto de las variables independientes en la eliminación de arsénico en soluciones acuosas fue el análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de confianza del 95%. Esta prueba (ANOVA) es una técnica estadística que permitió determinar la significancia de los resultados de una prueba, es decir, determinar si es necesario rechazar la hipótesis nula o aceptar la hipótesis alternativa.

El diseño experimental fue llevado a cabo utilizando la funcionalidad DOE (Diseño de Experimentos) incorporada en el software Minitab 21, para 2 factores con 3 niveles y 2 repeticiones. Este enfoque facilitó el estudio simultáneo de los efectos de los factores de variación.

### **3.7. Aspectos éticos**

En este estudio, se siguieron las directrices de la UCV para garantizar la autenticidad de los datos y prevenir el plagio, empleando el software Turnitin como herramienta de verificación de originalidad. Se respetaron las normas éticas, incluyendo la selección del tema de investigación con integridad, la correcta citación de la información, la elección justa de referencias pertinentes al tema y la honestidad al no alterar datos ni resultados. Además, se realizó el reconocimiento adecuado de las fuentes de información según las directrices de la norma ISO 690.

#### IV. RESULTADOS

Los resultados obtenidos sobre el efecto de las diferentes dosis y temperaturas del carbón activado de coronta de maíz en la remoción de arsénico (As) en soluciones acuosas se presentan en las siguientes tablas y gráficos:

**Tabla 2.** Dosis y temperatura del carbón activado

Dosis(g)		Temperatura(°C)	
D1	2	T1	300
D2	2.5	T2	400
D3	3	T3	500
T	Testigo	T	Testigo

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1. Evaluación del efecto de la dosis de carbón activado de coronta de maíz obtenido a diversas temperaturas en la capacidad de remoción de arsénico en soluciones acuosa.

**Tabla 3.** Capacidad de absorción de carbón activo de coronta de maíz.

Temperatura (°C)	Dosis (g/L)	Absorbancia (UA)	Concentración inicial de Azul metileno (ppm)	Concentración final de Azul metileno (ppm)	Adsorción de azul metileno (%)	Capacidad de adsorción (mg/g)
300	2	0.039	6.5	0.46	92.886	3.019
300	2.5	0.055	6.5	0.57	91.159	2.370
300	3	0.04	6.5	0.47	92.778	2.010
400	2	0.056	6.5	0.58	91.051	2.959
400	2.5	0.084	6.5	0.78	88.028	2.289
400	3	0.094	6.5	0.85	86.949	1.884
500	2	0.082	6.5	0.76	88.244	2.868
500	2.5	0.033	6.5	0.42	93.534	2.432
500	3	0.031	6.5	0.41	93.750	2.031

Fuente: Elaboración propia

En La Tabla 3 presenta la concentración final de azul de metileno (en ppm), que inicialmente era de 6.58 ppm. Los resultados indican una notable reducción en la concentración, alcanzando valores mínimos entre 0.85 ppm y 0.41 ppm. En cuanto a la eficacia de adsorción (%), se observan porcentajes que varían desde un 86.949% hasta un 93.750%. Finalmente, en términos de capacidad de adsorción (mg/g), se registran valores que oscilan entre 1.884 mg/g y 3.019 mg/g.

**Tabla 4.** *Remoción de arsénico en soluciones acuosas con una concentración inicial de 6.58 ppm utilizando carbón activado de coronta de maíz a diferentes temperaturas de carbonización.*

<b>Dosis de Carbón (g)</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Concentración final As (ppm)</b>	<b>Remoción (%)</b>
2.0	300	1.60	75.68
2.0	300	1.55	76.44
2.0	400	1.85	71.88
2.0	400	1.92	70.82
2.0	500	1.94	70.52
2.0	500	1.94	70.52
2.5	300	1.61	75.53
2.5	300	1.59	75.84
2.5	400	1.92	70.82
2.5	400	1.91	70.97
2.5	500	2.16	67.17
2.5	500	2.18	66.87
3.0	300	1.65	74.92
3.0	300	1.65	74.92
3.0	400	1.95	70.36
3.0	400	1.95	70.36
3.0	500	2.42	63.22
3.0	500	2.35	64.29

Fuente: Elaboración propia

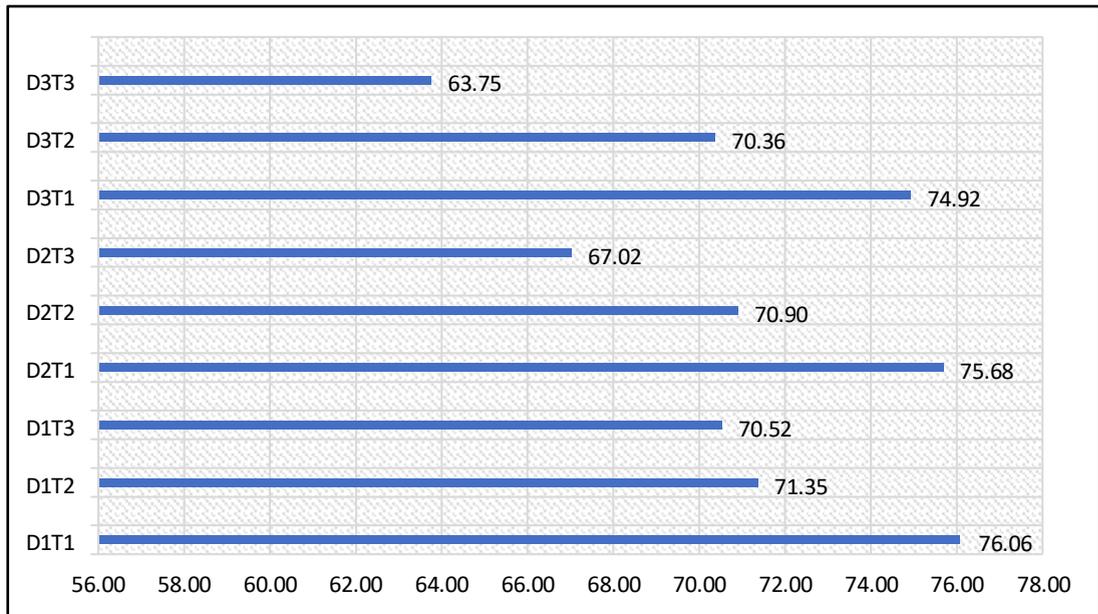


Figura 1: Porcentaje promedio de remoción en distintas temperaturas y dosis.

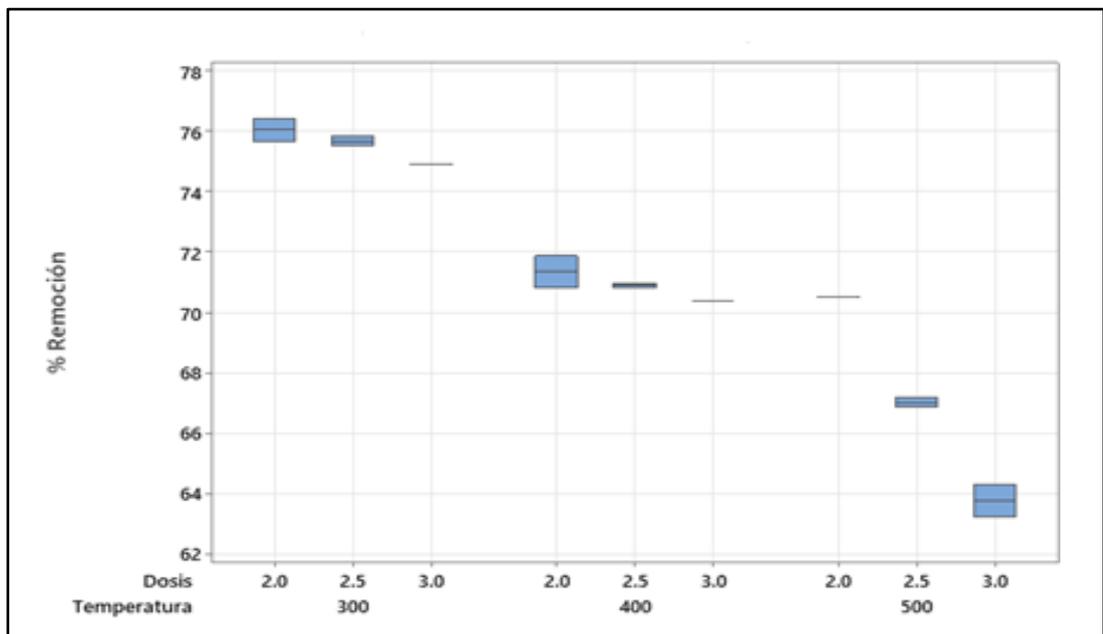
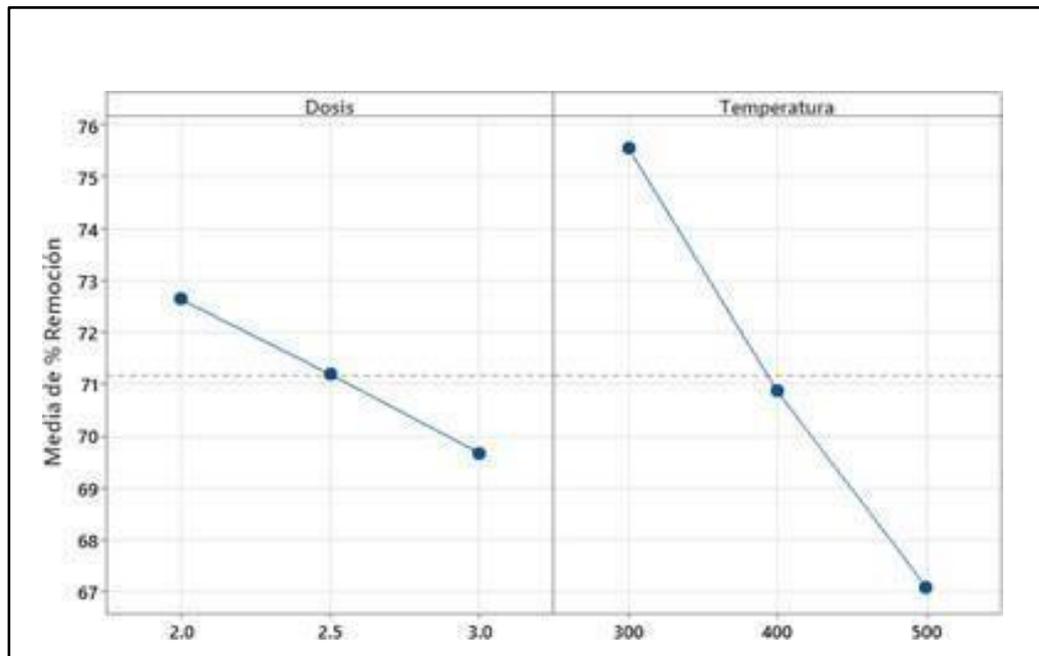


Figura 2. Influencia de las diferentes dosis y temperaturas del carbón activado de coronta de maíz en la remoción de arsénico (As)



*Figura 3.* Factorial de los efectos principales en la concentración final de As en la solución acuosa

En las Figuras 1, 2 y 3, se visualiza la interacción entre las diversas dosis de carbón activado de coronta de maíz a diferentes temperaturas de carbonización. Se destaca que la solución más eficaz en la remoción de arsénico es aquella tratada con carbón activado a 300°C y una dosis de 2g, exhibiendo el porcentaje más alto de eliminación. En contraste, la menos efectiva corresponde al carbón activado a 500°C con una dosis de 3g, evidenciando el menor porcentaje de remoción.

Prueba ANOVA, para determinar diferencias significativas entre tratamiento de temperatura.

Se tiene las siguientes hipótesis:

H<sub>0</sub>: Todas las medidas son iguales

H<sub>A</sub>: Todas las medidas no son iguales

Nivel de significancia  $\alpha=0.05$

**Tabla 5.** *Análisis de varianza ANOVA.*

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Temperatura	2	215.39	107.693	32.54	0.000
Error	15	49.64	3.310		
Total	17	265.03			

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 5, observamos que el valor de p es menor que 0.05, entonces se acepta la hipótesis alternativa: Todas las medidas no son iguales.

Prueba ANOVA, para determinar diferencias significativas entre tratamiento de dosis de carbón activo.

Se tiene las siguientes hipótesis:

$H_0$ : Todas las medidas son iguales

$H_A$ : Todas las medidas no son iguales

Nivel de significancia  $\alpha=0.05$

**Tabla 6.** *Análisis de varianza ANOVA.*

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Dosis	2	26.38	19	3	56
Error	15	238.65	91		
Total	17	265.03			

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 6, se puede observar que el valor de p es mayor que 0.05, entonces se rechaza la hipótesis alternativa: Todas las medidas no son iguales

#### 4.2. Evaluación de la efectividad de la temperatura de carbonización en la remoción de arsénico de soluciones acuosas.

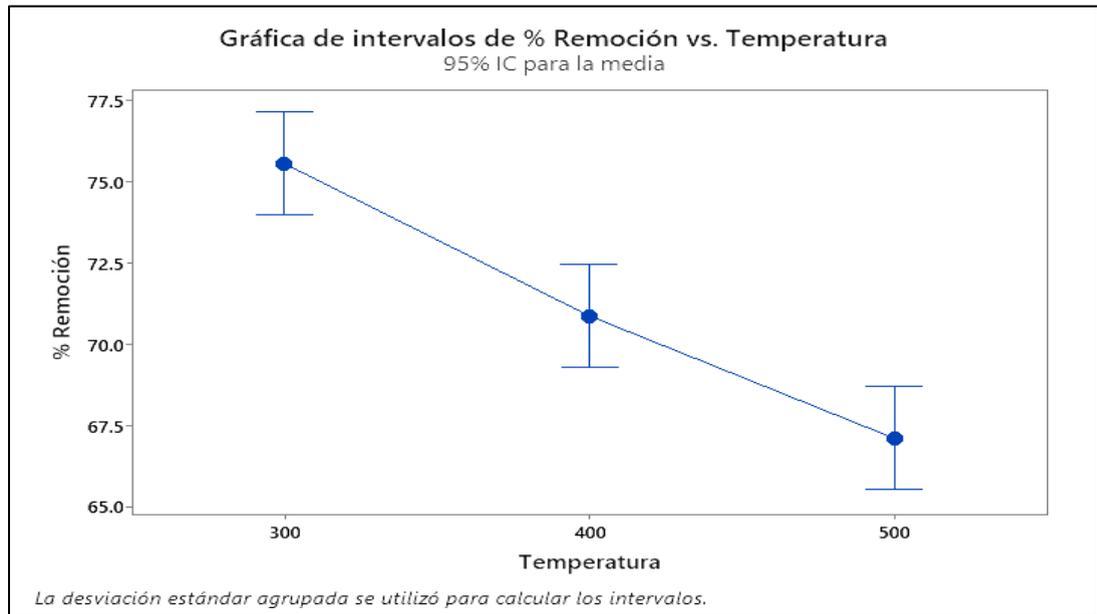


Figura 4. Intervalos de % de remoción vs temperatura

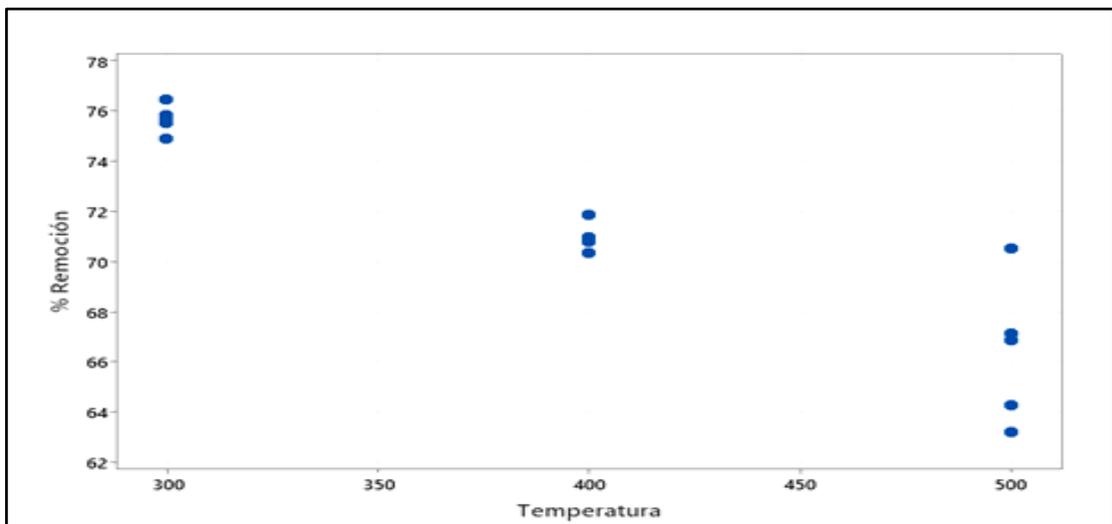
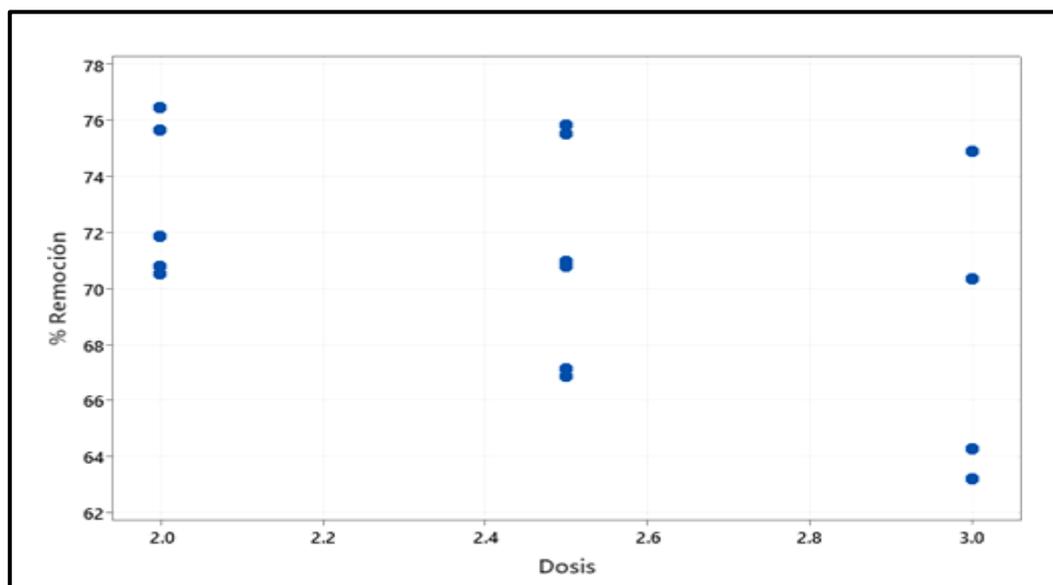


Figura 5. Dispersión del porcentaje de remoción de As vs. Temperatura de carbonización de la coronta de maíz.

En la figura 4 y 5, se presenta la distribución de los porcentajes de remoción de arsénico en relación con la temperatura de carbonización de la coronta de maíz. Se destaca que la temperatura más efectiva para la remoción de arsénico es de 300°C, evidenciando una mayor eficacia en comparación con otras temperaturas.

### 4.3. Evaluación de la efectividad de las dosis aplicadas en la remoción de arsénico de soluciones acuosas.



*Figura 6.* Dispersión de remoción de As vs la dosis de carbón activado en la solución acuosas.

En la Figura 6, se ilustra la distribución de los porcentajes de remoción de arsénico en relación con las diferentes dosis de carbón activado. Se destaca que la dosis más efectiva, con el mejor porcentaje de remoción de arsénico, es la correspondiente a 2g.

## V. DISCUSIÓN

La presencia creciente de arsénico (As) en el agua, como señalan Gonzaga et al. (2021), representa un riesgo considerable para la salud humana, animal y vegetal, evidenciando la necesidad crítica de abordar este problema. Paredes y Portilla (2021) destaca que los métodos utilizados para tratar aguas contaminadas con arsénico, al hacer uso de insumos químicos, generan impactos negativos secundarios que afectan a las comunidades, especialmente en áreas con niveles elevados de arsénico en fuentes subterráneas y superficiales.

En la Tabla 1, se observa que el carbón activado a una dosis de 2.0 g, con una temperatura de carbonización de 300 °C, logró una remoción significativa de 76.44%, con una capacidad de absorción de 3.019 mg/g. Asimismo, Fiesta y Millones (2019) lograron una destacada remoción del 92% de arsénico en muestras de agua, al emplear carbón activado de cáscara de coco, aplicando una dosis de carbón de 2.01 g a una temperatura de 450°C. Además, Kumar y Balasubramanian (2023) destacaron que el uso de carbón activado de desechos de madera de roble japonés, tratado a una temperatura de 350 °C y con dosis de 10 g, condujo a una significativa capacidad de absorción de 204.4 mg/g, logrando una eficaz remoción del 98.34% de arsénico en aguas tratadas. Sin embargo, Ochonogor et al. (2019) resaltaron que al aplicar carbón activado derivado de semillas de *Dialium guineense*, sometido a una temperatura de 400 °C, se logró una notable capacidad de absorción de 962.52 mg/g, Este proceso permitió alcanzar una eficaz remoción de 79% de arsénico en aguas contaminadas.

Por otro lado, Rojas (2020) determinó que la aplicación de 4.0 g de carbón activado de jícara sabanero, con una temperatura de carbonización de 450 °C, logró una efectiva remoción del 58% de arsénico en muestras de agua. Además, Mariana et al. (2021) destacaron que el carbón activado de paja de colza, tratado a una temperatura de 300 °C, experimentó una eficiencia de eliminación de iones de arsénico, alcanzando aproximadamente 19.35 mg/g en soluciones acuosas con una dosis de 2.0 g. Además, Guangcai y Honggyuan

(2020) resaltaron que el carbón obtenido de paja de maíz, tratado a una temperatura de 600 °C, mostro una capacidad de absorción de arsénico de 6.77 mg/g, utilizando una dosis de 5.0 g de carbón. Adicionalmente, Rodríguez (2018) respalda la afirmación de que el carbón activado, sometido a una temperatura de 400 °C, exhibe una capacidad de absorción de arsénico de 14.92 mg/g al emplear una dosis de 0.5 g de carbón.

Se observa que en la figura 6, la temperatura de carbonización más eficaz para alcanzar la máxima remoción de arsénico es de 300 °C, con una capacidad de absorción de 3.019 mg/g. En sintonía con esto, Gonzalo y Segovia (2020) determinaron que la temperatura óptima de carbonización para el carbón activado de *Zea mays* es de 450 °C, logrando una reducción del 48.8% en la concentración de arsénico en aguas que están destinada para el consumo humano. Asimismo, Condori (2019) produjo carbón activado a partir de Lemma Gibba, utilizando una temperatura de carbonización de 450 °C. Posteriormente, determinó una capacidad de remoción máxima de arsénico del 97.60% en disoluciones acuosas.

Por otro lado, Sun et al. (2021) establecieron que la temperatura eficiente de carbonización para la lignina Kraft impregnada a una temperatura de carbonización de 800 °C, logro una eliminación del 93.9% de arsénico en aguas residuales. Por otro lado, Silva (2018), alcanzó una capacidad de absorción de arsénico de 9.36 mg/g mediante el carbón activado derivado de fibra de nopal, utilizando una temperatura eficaz de 400 °C. Asimismo, En su análisis, Roncal et al. (2020) evaluó la eficacia de la temperatura de carbonización a 450 °C en la obtención de carbón activado a partir de fruta y cáscara de arroz, los resultados revelaron las capacidades de absorción más destacadas para el arsénico, alcanzando valores de 18.9 mg/g y 19.3 mg/g. Sahu et al. (2022) logró una capacidad de absorción de 0.95 mg/g de arsénico en sustancias acuosas mediante carbón activado magnético sintetizado de la cáscara de *Pisum sativum*, utilizando una temperatura efectiva de carbonización de 600 °C.

Mahmoud (2022) logró una remoción destacada del 80% de arsénico en una solución acuosa mediante carbón activado de cáscara de maíz, aplicando una temperatura efectiva de carbonización de 400 °C. Asimismo, Torres (2022) estableció que la temperatura eficiente de carbonización para el carbón activado de nopal lavado con NaOH 0.1 para su activación es de 500 °C, logrando una remoción del 93.3% de arsénico en la muestra de 0.1 mg/L de As.

En la Figura 2, se observa que la dosis más efectiva para la remoción de arsénico en sustancias acuosas es de 2.0 g, alcanzando una eliminación de 76.44%. Barrenechea y Román (2021) determinaron que la dosis efectiva para la eliminación de arsénico es de 7.0 g de carbón activado obtenido de *Prunus pérsica* y *Persea americana*, logrando una remoción del 96.94% y 95.37% de arsénico. Asimismo, Sánchez (2018), destacan que la dosis más efectiva para la remoción de arsénico es de 4.0 g de carbón activado proveniente de la cascarilla de arroz para tratar aguas, alcanzando una eficaz remoción del 45%. En contraste, Borja (2019) respalda que la dosis más efectiva para la remoción de arsénico en aguas contaminadas es de 4.0 g mediante el uso de carbón activado de tubérculos, logrando una remoción eficaz del 71.1%.

Por otro lado, Quijano (2019) demostró que la dosis más eficiente en la remoción de arsénico en muestras de agua contaminadas con dicho metal es de 3.0 g, mediante el uso de carbón activado de paja de trigo, logrando así una remoción efectiva del 70%. Además, Chirinos (2019) evidenció que la dosis más efectiva de carbón activado *Stipa lchu* y hematita triturada, para la remoción de arsénico en muestras de agua subterránea es de 10.0 g, logrando una remoción efectiva del 96.60%. Además, Bahadur et al. (2021), demostraron que la dosis más eficaz de carbón activado obtenido de las semillas de dátiles y de *delonix* para la remoción de arsénico presentes en aguas residuales sintéticas es 1.2 g, logrando una eliminación efectiva del 95% y 93.8%, respectivamente.

Gul et al. (2022) determinó que el carbón activado a partir de aserrín, es efectivo en la eliminación del 86.35% de arsénico en soluciones acuosas con una dosis efectiva de 3 g. Asimismo, Peralta (2018) concluyó que la dosis más eficaz de carbón activado, elaborado de tela de algodón, para la remoción de arsénico en una muestra de 2 litros de efluente textil es de 150 g, logrando una remoción del 85.55% de arsénico. Sin embargo, Acevedo (2018) determinó que una cantidad de 3.0 g de carbón activado de cáscara de coco, resulta eficaz para lograr la remoción del 90% de arsénico en soluciones acuosas. Además, Bilal (2019) analizó la eficiencia de remoción de arsénico en aguas contaminadas, empleando varios tipos de carbón activado como la de cáscara de huevo que obtuvo un (78%), semillas de ciruela (87%), cáscara de castaña de agua (75%), mazorca de maíz (67%), desechos de té (74%), y cáscara de granada (65%) con una dosis de 1 g. Estos hallazgos enfatizan la crucial influencia de la temperatura y la dosis en la eficacia de remoción de arsénico en soluciones acuosas. Asimismo, destacan la importancia de optimizar cuidadosamente las condiciones operativas en los procesos de remoción de arsénico, ya que ajustes sutiles en la temperatura y la dosis de carbón activado pueden tener un impacto significativo en la eficacia global del tratamiento.

## **VI. CONCLUSIONES**

El efecto de la dosis de carbón activado en la remoción de arsénico en soluciones acuosas es que a menor dosis mayor porcentaje de remoción, siendo la más eficaz la correspondiente a 2.0 g a temperaturas de 300°C.

De las 3 temperaturas de carbonización que se realizó, fue la de 300°C la que obtuvo mayor grado de eficacia en la remoción de arsénico en soluciones acuosas, logrando alcanzar niveles de 74.92% hasta 76.44%.

Mediante las dosis aplicadas, la que demostró ser más eficaz en la remoción de arsénico en soluciones acuosas, fue la de menor concentración de 2.0 g, la cual llegó a alcanzar altos niveles de porcentaje en remoción.

## VII. RECOMENDACIONES

Ampliar la investigación para evaluar la estabilidad y durabilidad del carbón de coronta de maíz, considerando factores como la capacidad de regeneración y la resistencia a condiciones ambientales cambiantes.

Se sugiere que en investigaciones posteriores se empleen herramientas estadísticas, las cuales facilitarán un análisis más detallado y preciso de los resultados obtenidos durante el estudio.

Análisis de forma exhaustiva la coronta de maíz, identificando y cuantificando sus componentes químicos y estructurales clave, para proporcionar una comprensión más profunda de las características del material precursor del carbón activado.

Estudiar la estabilidad a largo plazo del carbón activado a 300 °C y explorar posibles métodos de regeneración con el fin de optimizar su durabilidad y eficacia a lo largo del tiempo.

Analizar de forma detallada el costo-beneficio y evaluar la viabilidad económica de la utilización de carbón activado de coronta de maíz en comparación con otros métodos de remoción de arsénico.

## REFERENCIAS

ACEVEDO, Laura, Remoción de Arsénico en agua con Ozonación y Carbón Activado, Tesis (para obtener el grado de Maestra en Ciencias e Ingeniería Ambientales) México: UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA, [en línea], 2018, [fecha de consulta 15 de agosto de 2023] Disponible en: <http://hdl.handle.net/11191/6923>

BAHADUR, [et al], Low-cost Biochar adsorbents prepared from date seeds and Delonix regia for sorption of heavy metal, [en línea]. Vol.8, núm.5, Julio - octubre 2021 [fecha de consulta: 15 de octubre 2023]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852421009470> ISSN: 0960-8524

BARRENECHEA Suazo y ROMÁN Hitler, Uso del carbón activado de Prunus persica y Persea americana para la remoción de arsénico y plomo, Tesis (título profesional de: Ingeniero Ambiental) Lima: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO, [en línea] ,2021, [fecha de consulta 15 de agosto de 2023] Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/83856>

BASSO [et al]. Remoción de cadmio (ii) de soluciones acuosas mediante carbón activado preparado a partir de caña, [en línea], vol.5, núm. 9. marzo - mayo 2020 [ fecha de consulta: 17 de octubre de 2023], Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/79390>

BILAL, [et al], Chemical activation and magnetization of onion waste derived carbon for arsenic removal. [ en línea], vol.16, núm. 3. marzo 2019 [ fecha de consulta: 15 de octubre de 2023] Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878535223005804?via%3Dihub> ISSN: 1878-5352

CHIRINOS Nataly. Eficiencia de remoción de arsénico con carbón activado de Stipa Ichu y Hematita en agua subterránea, Tesis (título profesional de: Ingeniera Ambiental) Lima: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO, [en línea] ,2021, [fecha de consulta 15 de agosto de 2023] Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/115076>

CONDORI Eliana. Capacidad de Adsorción del carbón activado obtenido a partir de lemna gibba (lenteja de agua) frente a disoluciones acuosas de arsénico (as), Tesis (título profesional de: ingeniero sanitario y ambiental). Juliaca: UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ, [en línea], 2019 [ fecha de consulta 15 de agosto de 2023] Disponible en: <http://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/4189>

FIESTAS, María y MILLONES Ana. Influencia de la concentración y el tiempo de contacto del carbón activado de cáscara de coco en la remoción de arsénico de aguas subterráneas de mórrope, Tesis (título profesional de ingeniero químico). Lambayeque: UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO, [en línea], 2019 [fecha de consulta 15 de agosto de 2023] Disponible en: <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/4028>

GONZAGA [et al]. Remoción de plomo presente en soluciones acuosas utilizando biocarbón producido a base de coronta de maíz. [En línea] vol.112.num.8. noviembre 2020 [fecha de consulta: 15 de octubre de 2023] Disponible en: <https://erp.untumbes.edu.pe/revistas/index.php/manglar/article/download/218/345>  
ISSN:3412-8734

GONZALES, Cinthia y SEGOVIA Claudia Evaluación experimental e informatizada de la reducción de arsénico total en el agua potable distribuida en el distrito de quequeña, Arequipa, utilizando sistemas de tratamiento basados en carbón activado de coronta de maíz blanco (zea mays I) y cáscara de plátano (Musa paradisiaca), Tesis (título Profesional de Ingeniero Ambiental). Arequipa: UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA, [en línea] 2020 [fecha de consulta 15 de agosto de 2023] Disponible en: <https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/10285>

GUANGCAI, [et al], Sorption of mercury (II) and atrazine by biochar, modified biochars and biochar based activated carbon in aqueous solution [ en línea]. vol.211.num.7. marzo - mayo 2018 [ Fecha de consulta: 15 de octubre 2023] Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852416304503?via%3Dihub> ISSN: 0960-8524

GUL [et al]. Recent advancements in the applications of activated carbon for the heavy metals and dyes removal. [ en línea], vol.186.num.9. agosto 2022 [ fecha de consulta: 17 de octubre 2023] Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0263876222004002?via%3Dihub> ISSN: 0263-8762

KUMAR [et al]. Use of biochar as a low-cost adsorbent for heavy metal removal of water and wastewater: a review [en línea]. Vol.12.num.14. septiembre 2023 [ Fecha de consulta:15 de octubre 2023] Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213343723017256?via%3Dihub> ISSN:2213-3437

MAHMOUD [et al]. Activated Carbon/Carborundum@Microcrystalline Cellulose core shell nano-composite: Synthesis, characterization and application for heavy metals adsorption from aqueous solutions [ en línea]. vol.4.num.8 abril 2020 [ fecha de consulta: 15 de octubre 2023] Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092666902200379X> ISSN:0926-6690

OCHONOGOR [et al]. Arsenic (III) abstraction on activated carbon prepared from the seed shell of Dialium guineense: kinetics, isotherms and thermodynamics studies. [ en línea]. vol.4.num.3. septiembre 2019 [fecha de consulta: 15 de octubre 2023] Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s42452-019-1335-1> ISSN:1021-3245

PAREDES, Iris y PORTILLA, Javier, Evaluación y optimización de la remoción de arsénico total en medio acuoso sobre residuos biomásicos de marlo de maíz (zea mays) inertes y modificados con dióxido de manganeso. Tesis (Título Ingeniero Biotecnólogo) Arequipa: UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA, [en línea] 202 [fecha de consulta 15 de agosto de 2023] Disponible en: <https://repositorio.ucsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12920/11396/42.0257.IB.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

QUIJANO Dony. Remoción de arsénico de las aguas del río Pelagatos utilizando ceniza de paja de trigo. Tesis (título profesional de ingeniero civil) Chimbote: UNIVERSIDAD SAN PEDRO, [en línea] 2019 [fecha de consulta 15 de agosto de 2023] Disponible en: <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/14276>

RASHTBARI [et al]. Green synthesis of zero-valent iron nanoparticles and loading effect on activated carbon for furfural adsorption. [En línea], vol.121.num.11 agosto 2021 [ fecha de consulta: 17 de octubre 2023] Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653521025868?via%3Diub> ISSN: 0045-6535

ROJAS Kathia. Valoración de la eficiencia de remoción de arsénico en agua con carbón activado de jícara sabanero (*Crescentia alata*) y su combinación con óxidos de hierro [ en línea]. vol.143.num abril 2020 [ Fecha de consulta: 15 de octubre 2023] Disponible en: <https://www.lamjol.info/index.php/torreon/article/view/9724> ISSN: 2313-7215

RONCAL Neison. Estudio de la cascarilla de arroz como carbón activado frente a la adsorción y remoción de metales pesados de efluentes industriales - Cajamarca-Perú [ en línea]. vol.123.num.13. Julio 2022 [ Fecha de consulta: 15 de octubre 2023] Disponible en: <https://laccei.org/LACCEI2022-BocaRaton/meta/FP257.html> ISSN:1234-3456

RODRIGUEZ, Vitela. Modificación con hierro de carbón activado para remover As en agua, Tesis (para obtener el Grado de Maestro en Ciencias en Ciencia y Tecnología Ambiental) Chihuahua: UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA CIMAV POSGRADO, [en línea] ,2018, [fecha de consulta 15 de agosto de 2023] Disponible en: <https://repositorio.ipicyt.edu.mx/handle/11627/97>

SAHU [et al]. Adsorption of As (III) and As(V) from aqueous solution by magnetic biosorbents derived from chemical carbonization of pea peel waste biomass: Isotherm, kinetic, thermodynamic and breakthrough curve modeling studies [ en línea]. Vol 312, 15 de junio de 2022[ fecha de consulta: 17 de octubre 2023] Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301479722005217?via%3Dihub> ISSN: 0301-4797

SALDAÑA Karla, Evaluación del porcentaje de bioadsorción del arsénico en agua potable de Sama Inclán -Tacna utilizando cáscara de maracuyá (Passiflora edulis) en polvo. Tesis (título de ingeniero ambiental) Tacna, UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA, [en línea] 2020 [fecha de consulta 15 de agosto de 2023] Disponible en: <https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/1708>

SANCHEZ Susana, Adsorción de Arsénico de efluente textil con carbón activado obtenido a partir de los residuos de tela de algodón en la industria textil Corporación Wama S.A.C. Tesis (INGENIERA AMBIENTAL) Lima: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO, [en línea] 2018 [fecha de consulta 15 de agosto de 2023] Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/21160>

SILVA, Juan, Producción y caracterización de carbón activado a partir de residuos agroindustriales (fibra de nopal) para la remoción de arsénico en agua. Tesis (título de ingeniero ambiental) INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL, [en línea] 2018 [fecha de consulta 15 de agosto de 2023] Disponible en:

<https://tesis.ipn.mx/handle/123456789/22915>

SUN [et al]. Performance of CO<sub>2</sub> and Fe modified lignin carbon on arsenic (V) through one- and two-stage pyrolysis.[ en línea], Volume 143.num.14.1de diciembre 2018 [ fecha de consulta: 19 de octubre 2023] Disponible en:<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652616321163?via%3Dihub> ISSN: 0959-6526

TORRES Mauricio. Biosorción de As mediante biomasa seca y carbón activado de nopal (*Opuntia ficus indica*). Tesis (Título de Ingeniero Ambiental) México: INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ABASOLO, [en línea] 2022 [fecha de consulta 15 de agosto de 2023] Disponible en: <https://rinacional.tecnm.mx/handle/TecNM/5858?mode=full>

VITELA Alma. Remoción de arsénico por medio de carbón activado modificado con nanopartículas de hidro (óxidos) de hierro. Tesis (título Maestría en ciencias aplicadas) san Luis potosí, INSTITUTO POTOSINO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA, A.C. [en línea] 2018 [fecha de consulta 15 de agosto de 2023] disponible en: <https://repositorio.ipicyt.edu.mx/handle/11627/97>

ZHU [et al]. Analysis of factors influencing pore structure development of agricultural and forestry waste-derived activated carbon for adsorption application in gas and liquid phases: A review. [En línea]. Vol. 9.num. 5, octubre 2021 [ fecha de consulta: 19 de octubre 2023] Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2213343721008824?via%3Dihub> ISSN: 2213-3437

ZUBRIK [et al]. Preparation of chemically activated carbon from residual biomass water removal [en línea]. Vol. 279num.8. septiembre 2021[ fecha de consulta: 15 de octubre 2023] Disponible en:<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0045653521009929?via%3Dihub>

%3 Dhub ISSN: 0045-6535

**ANEXO 1: Matriz de operacionalización de variables**

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Carbón activo de la coronta de maíz	El carbón activado hace referencia a adsorbentes carbonáceos que han pasado por procesos que culminan en un elevado grado de cristalización y porosidad. Estas particularidades mejoran de manera significativa la capacidad del material para adsorber sustancias, convirtiéndolo en un agente altamente efectivo para la retención de compuestos indeseados. (Fiestas y Millones 2019)	El carbón activado se produce mediante el proceso de carbonización en un horno convencional, obteniendo dicho carbón a partir de la coronta de maíz mediante la pirólisis a temperaturas superiores a 250 °C.(Ochoa 2018)	Temperatura	°C	Razón
			Dosis	g	
Remoción de arsénico	La remoción de arsénico implica eliminar o reducir la concentración de este elemento en un medio, como el agua. Diversas técnicas pueden ser empleadas, como la aplicación de carbón activado para adsorber el arsénico. (Fiestas y Millones 2019)	La eliminación de arsénico se consigue al aplicar carbón activado a una temperatura de carbonización adecuada, utilizando una dosis y tiempo de reacción apropiados en una solución que contenga arsénico. (Kumar 2018)	Concentración	ppm	Razón
			Remoción	%	

Fuente: Elaboración propia

**Anexo 2: Instrumento de recolección de datos**

			Concentración Inicial (mg/L)	Concentración Final (mg/L)	Diferencia (mg/L)	promedio por tto.
<b>D1</b>	<b>T<sub>1</sub></b>	r1				
		r2				
	<b>T<sub>2</sub></b>	r1				
		r2				
	<b>T<sub>3</sub></b>	r1				
		r2				
<b>D2</b>	<b>T<sub>1</sub></b>	r1				
		r2				
	<b>T<sub>2</sub></b>	r1				
		r2				
	<b>T<sub>3</sub></b>	r1				
		r2				
<b>D3</b>	<b>T<sub>1</sub></b>	r1				
		r2				
	<b>T<sub>2</sub></b>	r1				
		r2				
	<b>T<sub>3</sub></b>	r1				
		r2				
<b>T TESTIGO</b>	r1					
	r2					

## Anexo 3: Evaluación juicio por expertos

### Evaluación por juicio de expertos

Respetado juez: Usted ha sido seleccionado para evaluar el instrumento "Efecto de temperatura y dosis de carbón activado de coronta de maíz en la remoción de arsénico en soluciones acuosas". La evaluación del instrumento es de gran relevancia para lograr que sea válido y que los resultados obtenidos a partir de éste sean utilizados eficientemente; aportando al quehacer psicológico. Agradecemos su valiosa colaboración.

#### 1. Datos generales del juez.

Nombre del juez:	Yennifer H. Cuova Zegarra
Grado profesional:	Maestría (x) Doctor ( )
Área de formación académica:	Clinica ( ) Social ( ) Educativa (x) Organizacional ( )
Áreas de experiencia profesional:	Sistemas Integrados de Gestión en Seguridad Salud Ocupacional, Medio ambiente, Calidad y R.O.
Institución donde labora:	Universidad Cesar Vallejo
Tiempo de experiencia profesional en el área:	2 a 4 años ( ) Más de 5 años (x)



#### 2. Propósito de la evaluación:

Validar el contenido del instrumento, por juicio de expertos.

#### 3. Datos de la escala

Nombre de la Prueba:	Fichas de observación
Autor(es):	Cortes Gutiérrez Dleg Cruz Vasquez Miksaíl
Procedencia:	TRUSILLO
Administración:	Propia
Tiempo de aplicación:	Independiente
Ámbito de aplicación:	Tesis de Grado - Universidad Cesar Vallejo
Significación:	Permite registrar datos obtenidos y los resultados de los pruebas de laboratorio, registrando por cada parámetro analizado

#### 4. Soporte teórico

**Variable 1:** Carbón activo de coronta de maíz

**Variable 2:** concentración de arsénico



Variable	Dimensiones	Definición
Carbón activo de coronta de maíz	Dosis Temperatura	El carbón activo consiste en adsorbentes carbonáceos que han sido procesados y presentan un elevado grado de cristalización y de porosidad. Vanek y Fonte (2018)
Concentración de arsénico	Eficiencia de remoción	Método que consiste en insolubilizar los arsénicos presentes en el agua residual mediante el agregado de reactivos químicos que alteran su estado físico o su solubilidad de manera que ocasione la precipitación. Iván et al. (2018)

**5. Presentación de instrucciones para el juez:**

A continuación, a usted le presento el cuestionario "Aplicación de residuos de *Ananás Comosus* y su efecto en la remoción de plomo de soluciones acuosas sintéticas" elaborado por Jiménez Shapiama Pool Erick y Rodríguez Paredes, Valeria Noemi en el año 2023. De acuerdo con los siguientes indicadores califique cada uno de los ítems según corresponda.

Categoría	Calificación	Indicador
<b>CLARIDAD</b> El ítem se comprende fácilmente, es decir, su sintáctica y semántica son adecuadas.	1. No cumple con el criterio	El ítem no es claro.
	2. Bajo Nivel	El ítem requiere bastantes modificaciones o una modificación muy grande en el uso de las palabras de acuerdo con su significado o por la ordenación de estas.
	3. Moderado nivel	Se requiere una modificación muy específica de algunos de los términos del ítem.
	4. Alto nivel	El ítem es claro, tiene semántica y sintaxis adecuada.
<b>COHERENCIA</b> El ítem tiene relación lógica con la dimensión o indicador que está midiendo.	1. totalmente en desacuerdo (no cumple con el criterio)	El ítem no tiene relación lógica con la dimensión.
	2. Desacuerdo (bajo nivel de acuerdo)	El ítem tiene una relación tangencial /lejana con la dimensión.
	3. Acuerdo (moderado nivel)	El ítem tiene una relación moderada con la dimensión que se está midiendo.
	4. Totalmente de Acuerdo (alto nivel)	El ítem se encuentra está relacionado con la dimensión que está midiendo.
<b>RELEVANCIA</b> El ítem es esencial o importante, es decir debe ser incluido.	1. No cumple con el criterio	El ítem puede ser eliminado sin que se vea afectada la medición de la dimensión.
	2. Bajo Nivel	El ítem tiene alguna relevancia, pero otro ítem puede estar incluyendo lo que mide éste.
	3. Moderado nivel	El ítem es relativamente importante.
	4. Alto nivel	El ítem es muy relevante y debe ser incluido.

Leer con detenimiento los ítems y calificar en una escala de 1 a 4 su valoración, así como solicitamos brindes sus observaciones que considere pertinente.

1. No cumple con el criterio
2. Bajo Nivel
3. Moderado nivel
4. Alto nivel

**Variable del instrumento:** Remoción de arsénico

- Primera dimensión: Eficiencia de remoción

Indicadores	Ítem	Claridad	Coherencia	Relevancia	Observaciones
Concentración final de arsénico (ppm)	1	4	4	4	

**Variable del instrumento:** Carbón activo de coronta de maíz

- Primera dimensión: grados °C

Indicadores	Ítem	Claridad	Coherencia	Relevancia	Observaciones
300°C, 400°C, 500°C	1	4	4	4	

- Segunda dimensión: Peso g

Indicadores	Ítem	Claridad	Coherencia	Relevancia	Observaciones
2g, 2.5g, 3g	1	4	4	4	



  
 YENIFER MARIA M.G. Yennifer Cueva Zegarra  
 CUEVA ZEGARRA DNI: 73529982  
 Ingeniera Ambiental  
 CIP N° 263840 C.I.P. 263840

Pd.: el presente formato debe tomar en cuenta:

Williams y Webb (1994) así como Powell (2003), mencionan que no existe un consenso respecto al número de expertos a emplear. Por otra parte, el número de jueces que se debe emplear en un juicio depende del nivel de experticia y de la diversidad del conocimiento. Así, mientras Gable y Wolf (1993), Grant y Davis (1997), y Lynn (1986) (citados en McGartland et al. 2003) sugieren un rango de 2 hasta 20 expertos, Hyrkäs et al. (2003) manifiestan que 10 expertos brindarán una estimación confiable de la validez de contenido de un instrumento (cantidad mínimamente recomendable para construcciones de nuevos instrumentos). Si un 80 % de los expertos han estado de acuerdo con la validez de un ítem éste puede ser incorporado al instrumento (Voutilainen & Liukkonen, 1995, citados en Hyrkäs et al. (2003).

Ver : <https://www.revistaespacios.com/cited2017/cited2017-23.pdf> entre otra bibliografía.

## Evaluación por juicio de expertos

Respetado juez: Usted ha sido seleccionado para evaluar el instrumento "Efecto de temperatura y dosis de carbón activado de coronta de maíz en la remoción de arsénico en soluciones acuosas". La evaluación del instrumento es de gran relevancia para lograr que sea válido y que los resultados obtenidos a partir de éste sean utilizados eficientemente; aportando al quehacer psicológico. Agradecemos su valiosa colaboración.

### 1. Datos generales del juez.

Nombre del juez:	JUAN ANTONIO VEGO GONZALEZ
Grado profesional:	Maestría ( ) Doctor (x)
Área de formación académica:	Clínica ( ) Social ( ) Educativa (x) Organizacional ( )
Áreas de experiencia profesional:	Tratamiento de efluentes y procesos de minerales.
Institución donde labora:	
Tiempo de experiencia profesional en el área:	2 a 4 años ( ) Más de 5 años (x)

### 2. Propósito de la evaluación:

Validar el contenido del instrumento, por juicio de expertos.

### 3. Datos de la escala

Nombre de la Prueba:	Fichas de observación
Autor(es):	Cortes Gutiérrez Alex Cruz Vasquez Miksaí
Procedencia:	TRUSILLO
Administración:	PROPIA
Tiempo de aplicación:	Indeterminado
Ámbito de aplicación:	Tesis de Grado - Universidad Cesar Vallejo
Significación:	Permite registrar datos obtenidos y los resultados de las pruebas de laboratorio, registrando por cada parámetro analizado

### 4. Soporte teórico



**Variable 1:** Carbón activo de coronta de maíz

**Variable 2:** concentración de arsénico



Variable	Dimensiones	Definición
Carbón activo de coronta de maíz	Dosis Temperatura	El carbón activo consiste en adsorbentes carbonáceos que han sido procesados y presentan un elevado grado de cristalización y de porosidad. Vanek y Fonte (2018)
Concentración de arsénico	Eficiencia de remoción	Método que consiste en insolubilizar los arsénicos presentes en el agua residual mediante el agregado de reactivos químicos que alteran su estado físico o su solubilidad de manera que ocasione la precipitación. Iván et al. (2018)

**5. Presentación de instrucciones para el juez:**

A continuación, a usted le presento el cuestionario "Aplicación de residuos de *Ananás Comosus* y su efecto en la remoción de plomo de soluciones acuosas sintéticas" elaborado por Jiménez Shapiama Pool Erick y Rodríguez Paredes, Valeria Noemi en el año 2023. De acuerdo con los siguientes indicadores califique cada uno de los ítems según corresponda.

<b>Categoría</b>	<b>Calificación</b>	<b>Indicador</b>
<b>CLARIDAD</b> El ítem se comprende fácilmente, es decir, su sintáctica y semántica son adecuadas.	1. No cumple con el criterio	El ítem no es claro.
	2. Bajo Nivel	El ítem requiere bastantes modificaciones o una modificación muy grande en el uso de las palabras de acuerdo con su significado o por la ordenación de estas.
	3. Moderado nivel	Se requiere una modificación muy específica de algunos de los términos del ítem.
	4. Alto nivel	El ítem es claro, tiene semántica y sintaxis adecuada.
<b>COHERENCIA</b> El ítem tiene relación lógica con la dimensión o indicador que está midiendo.	1. totalmente en desacuerdo (no cumple con el criterio)	El ítem no tiene relación lógica con la dimensión.
	2. Desacuerdo (bajo nivel de acuerdo)	El ítem tiene una relación tangencial /lejana con la dimensión.
	3. Acuerdo (moderado nivel)	El ítem tiene una relación moderada con la dimensión que se está midiendo.
	4. Totalmente de Acuerdo (alto nivel)	El ítem se encuentra está relacionado con la dimensión que está midiendo.
<b>RELEVANCIA</b> El ítem es esencial o importante, es decir debe ser incluido.	1. No cumple con el criterio	El ítem puede ser eliminado sin que se vea afectada la medición de la dimensión.
	2. Bajo Nivel	El ítem tiene alguna relevancia, pero otro ítem puede estar incluyendo lo que mide éste.
	3. Moderado nivel	El ítem es relativamente importante.
	4. Alto nivel	El ítem es muy relevante y debe ser incluido.

*Leer con detenimiento los ítems y calificar en una escala de 1 a 4 su valoración, así como solicitamos bríndes sus observaciones que considere pertinente.*

1. No cumple con el criterio
2. Bajo Nivel
3. Moderado nivel
4. Alto nivel

**Variable del instrumento:** Remoción de arsénico

- Primera dimensión: Eficiencia de remoción

Indicadores	Ítem	Claridad	Coherencia	Relevancia	Observaciones
Concentración final de arsénico (ppm)	1	4	4	4	$\frac{(C_i - C_f)}{C_i} \times 100 = \text{Ef. Remoción}$

**Variable del instrumento:** Carbón activo de coronta de maíz

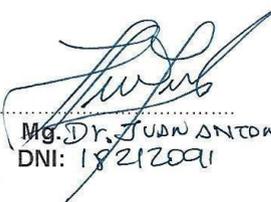
- Primera dimensión: grados °C

Indicadores	Ítem	Claridad	Coherencia	Relevancia	Observaciones
300°C, 400°C, 500°C	1	4	4	4	

- Segunda dimensión: Peso g

Indicadores	Ítem	Claridad	Coherencia	Relevancia	Observaciones
2g, 2.5g, 3g	1	4	4	4	Dosis (g/L)



  
 Mg. Dr. JUAN ANTONIO VEGA GONZÁLEZ  
 DNI: 18212091

Pd.: el presente formato debe tomar en cuenta:

Williams y Webb (1994) así como Powell (2003), mencionan que no existe un consenso respecto al número de expertos a emplear. Por otra parte, el número de jueces que se debe emplear en un juicio depende del nivel de experticia y de la diversidad del conocimiento. Así, mientras Gable y Wolf (1993), Grant y Davis (1997), y Lynn (1986) (citados en McGartland et al. 2003) sugieren un rango de 2 hasta 20 expertos, Hyrkás et al. (2003) manifiestan que 10 expertos brindarán una estimación confiable de la validez de contenido de un instrumento (cantidad mínimamente recomendable para construcciones de nuevos instrumentos). Si un 80 % de los expertos han estado de acuerdo con la validez de un ítem éste puede ser incorporado al instrumento (Voutilainen & Liukkonen, 1995, citados en Hyrkás et al. (2003).

Ver : <https://www.revistaespacios.com/cited2017/cited2017-23.pdf> entre otra bibliografía.

## Evaluación por juicio de expertos

Respetado juez: Usted ha sido seleccionado para evaluar el instrumento "Efecto de temperatura y dosis de carbón activado de coronta de maíz en la remoción de arsénico en soluciones acuosas". La evaluación del instrumento es de gran relevancia para lograr que sea válido y que los resultados obtenidos a partir de éste sean utilizados eficientemente; aportando al quehacer psicológico. Agradecemos su valiosa colaboración.

### 1. Datos generales del juez.

Nombre del juez:	Oscar Daniel Vázquez Salazar
Grado profesional:	Maestría <input checked="" type="checkbox"/> Doctor <input type="checkbox"/>
Área de formación académica:	Clinica <input type="checkbox"/> Social <input type="checkbox"/> Educativa <input checked="" type="checkbox"/> Organizacional <input type="checkbox"/>
Áreas de experiencia profesional:	Hidrobiología, Monitoreo Ambiental Agua Superficial, Gestión Integrada Recursos Hídricos
Institución donde labora:	Universidad Nacional de Trujillo
Tiempo de experiencia profesional en el área:	2 a 4 años <input checked="" type="checkbox"/> Más de 5 años <input type="checkbox"/>

### 2. Propósito de la evaluación:

Validar el contenido del instrumento, por juicio de expertos.

### 3. Datos de la escala

Nombre de la Prueba:	Fichas de observación
Autor(es):	Cortes Gutiérrez Alex Cruz Vasquez Mikael
Procedencia:	TRUJILLO
Administración:	Propia
Tiempo de aplicación:	Indeterminado
Ámbito de aplicación:	Tesis de Grado - Universidad Cesar Vallejo
Significación:	Permite registrar datos obtenidos y los resultados de las pruebas de laboratorio, registrando por cada parámetro analizado

### 4. Soporte teórico



**Variable 1:** Carbón activo de coronta de maíz

**Variable 2:** concentración de arsénico



Variable	Dimensiones	Definición
Carbón activo de coronta de maíz	Dosis Temperatura	El carbón activo consiste en adsorbentes carbonáceos que han sido procesados y presentan un elevado grado de cristalización y de porosidad. Vanek y Fonte (2018)
Concentración de arsénico	Eficiencia de remoción	Método que consiste en insolubilizar los arsénicos presentes en el agua residual mediante el agregado de reactivos químicos que alteran su estado físico o su solubilidad de manera que ocasione la precipitación. Iván et al. (2018)

**5. Presentación de instrucciones para el juez:**

A continuación, a usted le presento el cuestionario "Aplicación de residuos de *Ananás Comosus* y su efecto en la remoción de plomo de soluciones acuosas sintéticas" elaborado por Jiménez Shapiama Pool Erick y Rodríguez Paredes, Valeria Noemi en el año 2023. De acuerdo con los siguientes indicadores califique cada uno de los ítems según corresponda.

**Anexo 4: Evidencias fotográficas de los ensayos realizados en laboratorio.**



**Fig. 7. Trituración de la coronta de maíz.**



**Fig.8. Pulverización y tamizado**



**Fig.9. Mezcla de coronta pulverizado y ácido fosfórico al 25%.**



**Fig.10.** Mezcla de solución en agitadores magnéticos.



**Fig.11.** Decantado la mezcla y deshidratación en estufa.



**Fig.12.** Peso y separación del carbon.



**Fig.13.** Carbonización a 300°C, 400°C y 500°C.



**Fig.14.** Preparación de solución arsénico a una concentración de 6.58ppm.



**Fig.15.** Peso de la solución 1000g.



**Fig.16.** Peso de carbon activado en diferentes dosis 2g, 2.5g y 3g.



**Fig.17.** Mezcla de carbon activo y solución de arsénico



**Fig.18.** Filtración de 15ml de la muestra.

## Anexo 5: Informe de ensayo



**LABMINPERÚ**  
Laboratorio Químico Metalúrgico

### INFORME DE ENSAYO N° 231023-0244

Cliente :

Producto descrito como :  
Identificación de la muestra :  
Cantidad de la muestra :  
Característica de la muestra :  
Presentación de la muestra:  
Tipo de análisis :  
Fecha de recepción :  
Fecha de ensayo :

**MIKJAIL CRUZ VASQUEZ**

SOLUCION

VARIAS

20 ml. Aprox

Otros

Botella de Plástico

Lote

23/10/2023

Del 23/10/2023 al 25/10/2023

#### RESULTADOS:

Item	Muestra	As (ppm)
1	300 ° 2g	1.60
2	300 ° 2g	1.55
3	300 ° 2.5g	1.61
4	300 ° 2.5g	1.59
5	300 ° 3g	1.65
6	300 ° 3g	1.65
7	400 ° 2g	1.85
8	400 ° 2g	1.85
9	400 ° 2.5g	1.92
10	400 ° 2.5g	1.91

Item	Muestra	As (ppm)
11	400 ° 3g	1.95
12	400 ° 3g	1.95
13	500 ° 2g	1.94
14	500 ° 2g	1.94
15	500 ° 2.5g	2.16
16	500 ° 2.5g	2.18
17	500 ° 3g	2.42
18	500 ° 3g	2.35
19	Bianco	0.03
20	Muestra Inicial	6.58

  
CRISTIAN MARTIN  
SARAS HUACAS  
Ingeniero Metalúrgico  
CIP N° 230661

Trujillo, 25 de Octubre del 2023

Los resultados emitidos en este informe corresponden únicamente a la cantidad de muestra recibida y ensayada en el laboratorio, no deben ser utilizados como certificación de conformidad con las normas de producto o sistema de calidad.

La atención parcial o total de este documento es penalizada por ley. Cualquier corrección solo podrá ser realizada por LABMIN PERÚ S.A.C reemplazándolo por uno nuevo.

Las muestras podrán ser retiradas por los interesados transcurridos los 14 días calendario partir de la fecha de recepción, caso contrario se procederá a rechazarlas.

ventas@labminperu.com

**LABMIN PERÚ S.A.C**  
Urb. Parque Industrial F-1 Lte 12,  
La Esperanza - Trujillo  
Tif: 968184381

F-001-Ver 00