



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

**Obtención de carbón activado de origen biológico para tratamiento  
de aguas contaminadas con metales pesados, Moquegua, 2023.**

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

**AUTORA:**

Silvasantiesteban Ahuite, Taybelly ([orcid.org/0000-0001-5977-1545](https://orcid.org/0000-0001-5977-1545))

**ASESOR:**

Mg. Montalvo Morales, Kenny Ruben ([orcid.org/0000-0003-4403-4360](https://orcid.org/0000-0003-4403-4360))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Calidad y Gestión de Recursos Naturales

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

**LIMA – PERÚ**

**2024**

## **Dedicatoria**

El trabajo de investigación lo dedico a mi familia que me han poyado día con día, a los profesores de la universidad que me apoyaron con su tiempo y conocimiento, a todos mis amigos que me animaron a seguir adelante y me brindaron su apoyo para lograr mis objetivos.

## **Agradecimiento**

Primeramente, agradecer a Dios por mantenerme sana y permitirme vivir plenamente, a mi familia que son mi soporte emocional.

Agradezco a todas las personas que conocí haciendo este proyecto, gracias por ayudarme y enseñarme con sus experiencias y conocimientos.

Agradecer a mis amigos que no dudaron de mí y estuvieron conmigo dándome su apoyo y compañía.

A mis profesores de la universidad Cesar Vallejo quienes estuvieron conmigo en todo momento guiándome.

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**  
**Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, MONTALVO MORALES KENNY RUBEN, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis titulada: "Obtención de carbón activado de origen biológico para tratamiento de aguas contaminadas con metales pesados, Moquegua, 2023.", cuyo autor es SILVASANTIESTEBAN AHUITE TAYBELLY, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 13.00%, 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.

LIMA, 20 de Mayo del 2024

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
KENNY RUBEN MONTALVO MORALES <b>DNI:</b> 43713929 <b>ORCID:</b> 0000-0003-4403-4360	Firmado electrónicamente por: KRMONTALVO el 24- 07-2024 09:17:50

Código documento Trilce: TRI – 0751876



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Declaratoria de Originalidad del Autor**

Yo, SILVASANTIESTEBAN AHUITE TAYBELLY estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Obtención de carbón activado de origen biológico para tratamiento de aguas contaminadas con metales pesados, Moquegua, 2023.", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. He 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 asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
SILVASANTIESTEBAN AHUITE TAYBELLY DNI: 77532569 ORCID: 0000-0001-5977-1545	Firmado electrónicamente por: TSILVASANTIESTE el 24-07-2024 10:28:02

Código documento Trilce: INV - 1649555



## Índice de contenidos

Carátula .....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Declaratoria de Autenticidad del Asesor.....	iv
Declaratoria de Originalidad del Autor.....	v
Índice de contenidos .....	vi
Índice de tablas.....	vii
Índice de figuras .....	viii
Resumen.....	ix
Abstract.....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	4
III. METODOLOGÍA.....	12
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	12
3.2 Variables y operacionalización .....	13
3.3. Población, muestra y muestreo.....	13
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	15
3.5. Procedimientos .....	16
3.6. Método de análisis de datos.....	21
3.7. Aspectos éticos .....	21
IV. RESULTADOS .....	22
V. DISCUSIÓN.....	26
VI. CONCLUSIONES.....	30
VII. RECOMENDACIONES .....	31
REFERENCIAS.....	32
ANEXOS .....	40

## Índice de tablas

<b>Tabla 1</b> Tratamiento con carbón activado comercial de Coco (g).....	16
<b>Tabla 2</b> Tratamiento con carbón activado de aceituna Kalamata (g).....	16
<b>Tabla 3</b> Resultados de las muestras de Río Tambo.....	22
<b>Tabla 4</b> TRATAMIENTO 1 C.A.C. 50 g.....	22
<b>Tabla 5</b> TRATAMIENTO 1 C.A.C. 100 g.....	23
<b>Tabla 6</b> TRATAMIENTO 3 C.A.A. 50 g.....	23
<b>Tabla 7</b> TRATAMIENTO 3 C.A.A. 100 g.....	24
<b>Tabla 8</b> Comparación de muestras de agua para el cobre (Cu).....	25
<b>Tabla 9</b> Comparación de muestras de agua para el hierro (Fe).....	25

## Índice de figuras

<b>Figura 1</b> Diseño experimental propuesto .....	12
<b>Figura 2</b> Elaboración de carbón activado de aceituna Kalamata .....	17
<b>Figura 3</b> Ubicación del lugar de estudio.....	18
<b>Figura 4</b> Esquema de la estructura para tratamiento.....	19
<b>Figura 5</b> Estructura para el tratamiento .....	20

## Resumen

El uso de carbón activado en la eliminación de metales pesados en los ríos resulta beneficioso para el ambiente. Por ello, el objetivo de la presente investigación es evaluar la capacidad de adsorción de carbón activado conseguido a partir de residuos lignocelulósicos como una alternativa para eliminar metales pesados presentes en el río Tambo. El presente trabajo de investigación fue con un enfoque cuantitativo con diseño experimental de tipo explicativo de dos variables, en donde se tomó la población a los desechos lignocelulósicos generados en la agroindustria, con una muestra de 300 g de aceituna y coco. La cantidad para cada prueba fueron de 0, 50 y 100 g de ambos residuos, donde se llegó a determinar que, el tratamiento más eficiente es con el carbón activado de coco siendo que los tratamientos 3 y 4, redujeron los valores de cobre y hierro hasta  $<0.0002$  mg/L, respectivamente, esto a diferencia del resto de tratamientos. De esta manera se evaluó que el carbón activado de coco puede eliminar hasta un 90% los metales pesados por lo que, tuvo un impacto positivo y prometedor en la mejora de la calidad del agua del río, abriendo oportunidades para futuras investigaciones y aplicaciones prácticas en la gestión ambiental.

**Palabras clave:** Residuos lignocelulósicos, aceituna, coco, metales pesados, carbón activado

## **Abstract**

The use of activated carbon in the removal of heavy metals in rivers is beneficial to the environment. Therefore, the objective of this research is to evaluate the adsorption capacity of activated carbon obtained from lignocellulosic waste as an alternative to remove heavy metals present in the Tambo River. The present research work had a quantitative approach with a two-variable explanatory experimental design, where the population was taken from the lignocellulosic wastes generated in the agroindustry, with a sample of 300 g of olive and coconut. The amount for each test was 0, 50 and 100 g of both wastes, where it was determined that the most efficient treatment is with coconut activated carbon, since treatments 3 and 4 reduced the values of copper and iron to  $<0.0002$  mg/L, respectively, unlike the rest of the treatments. In this way, it was evaluated that coconut activated carbon can eliminate up to 90% of heavy metals, thus, it had a positive and promising impact on the improvement of river water quality, opening opportunities for future research and practical applications in environmental management.

**Keywords:** Lignocellulosic waste, olive, coconut, heavy metals, activated carbon

## I. INTRODUCCIÓN

Desde hace varios años existe preocupación a nivel mundial relacionada con la contaminación ambiental, por lo que los científicos e investigadores han buscado alternativas para tratar efluentes con la presencia de metales pesados. Es por ello que se conoce que el método ampliamente difundido es la precipitación, pero genera problemas relacionados con desechos sólidos. De esta manera, se ha optado por otras alternativas como la adsorción, siendo este fenómeno en el cual las partículas quedan atrapadas en una superficie adsorbente (Pabón et al., 2020).

Se ha reconocido a la adsorción como un proceso de fácil aplicación, costo bajo y alta eficiencia en la remoción de partículas, siendo el material más estudiado el carbón activado. Este material con estructura microporosa, puede regenerarse y químicamente forma una capa de partículas debido a los grupos carboxílicos, cetonas, aldehídos, entre otros, que le otorgan la capacidad de adsorción. Es por ello que una de las aplicaciones es dentro de tratamiento de efluentes como un proceso para alcanzar límites permisibles de contaminación en aguas residuales (Sharma et al., 2022).

El material del que se obtiene el carbón activado puede ser de origen orgánico como desechos agrícolas, madereros, entre otros. Esto por medio de procesos tanto físicos como químicos, en el caso del primero requiere de la carbonización a temperaturas cercanas a los 1000 °C. En cambio, químicamente requiere de un agente activante como el ácido fosfórico (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>), seguido de una calcinación. El H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> se prefiere emplear debido a que no genera problemas significativos relacionados con la contaminación ambiental (Pabón et al., 2020).

Es por ello que se realiza una evaluación de la capacidad de adsorción de carbón activado obtenido a partir de residuos orgánicos, cuyo propósito es convertirse en una alternativa para eliminar metales pesados presentes en el río Tambo. Con ello dotar de beneficios ambientales, sociales y económicos a la población dentro del área de influencia directa. De esta manera se puede contar con herramientas para enfrentar la contaminación de cuerpos hídricos puesto que otros métodos requieren de una gran inversión. Por lo tanto, el problema general a abordar es

¿Cómo evaluar la capacidad de adsorción de carbón activado obtenido a partir de residuos lignocelulósicos de pepa de aceituna y coco como una alternativa para eliminar metales pesados presentes en el río Tambo, ubicado en el distrito de Torata, Moquegua, 2023?; y como problemas específicos ¿Qué comparación puede existir entre residuos lignocelulósicos de aceituna con el producto comercial a base de coco? ¿En qué puntos dentro del río Tambo es conveniente obtener muestras de agua representativas para aplicar tratamientos de carbón activado?; y ¿Cuál será la capacidad de adsorción del carbón activado frente a los metales de hierro y cobre?

La justificación social resalta la importancia de consumir agua en un estado que no provoque afección a la población y contar con estrategias para mitigar los impactos ambientales ocasionados por la presencia de metales pesados en ríos. Es así que un factor de gran importancia para el desarrollo de la presente investigación es identificar las utilidades del carbón activado como un tratamiento para eliminar metales del río Tambo, Moquegua, 2023. De esta manera se puede mejorar la calidad de vida e incrementar el nivel de conciencia ambiental demostrando los beneficios de emplear estas técnicas (Alonso, 2018). En lo concerniente a la justificación ambiental, esta investigación puede aportar con vital información para que ríos contaminados por metales pesados en el Perú puedan replicar la metodología empleada con la finalidad de salvaguardar el entorno (Bedoya, 2019). En función a la justificación económica, la aplicación de este tipo de tecnología no requiere de grandes inversiones monetarias con lo cual la sociedad colectiva puede enfrentar desafíos de contaminación del agua sin la necesidad de fuertes sumas monetarias (Ali et al., 2022). Es así que la investigación permitirá conocer la utilidad de la adsorción de carbón activado con lo cual se contará con información para la toma de decisiones informadas para dar un tratamiento adecuado a los efluentes y conservar el medio ambiente.

Por lo tanto, el objetivo central del estudio es: Evaluar la capacidad de adsorción de carbón activado conseguido a partir de residuos lignocelulósicos de pepa de aceituna y coco como una alternativa para eliminar metales pesados presentes en el río Tambo, ubicado en el distrito de Torata, en la ciudad de Moquegua, 2023. De la misma manera los objetivos específicos son: Realizar la

comparación entre residuos lignocelulósicos de aceituna convertidos en carbón activado con el producto comercial de coco. Indagar a lo largo del río Tambo puntos específicos y de gran relevancia para aplicar los tratamientos de carbón activado y sean representativos para el estudio; y Evaluar la capacidad de adsorción del carbón activado frente a metales como son el hierro y el cobre.

Teniendo como hipótesis nula y alternativa, respectivamente: H0: El carbón activado derivado de los residuos lignocelulósicos de aceituna *Kalamata* y Coco no es un material efectivo que permita la adsorción de hierro y cobre presentes en el río Tambo, ubicado en el distrito de Torata, ciudad de Moquegua. H1: El carbón activado derivado de los residuos lignocelulósicos de Cocos y aceituna *Kalamata* puede ser un material efectivo para la adsorción de hierro y cobre presentes en el río Tambo, ubicado en el distrito de Torata, ciudad de Moquegua.

## II. MARCO TEÓRICO

Macías (2021) en su investigación tiene como objetivo utilizar el carbón activado obtenido de la cáscara de cacao (*Theobroma cacao*) como medio de filtración para eliminar contaminantes existentes en muestras de agua del río Quevedo. Se utilizó la metodología de tipo experimental – descriptiva con un diseño aleatorio, la población está comprendida por las personas que habitan el río Quevedo y la muestra por puntos de muestreo no probabilísticos, el procedimiento fue la aplicación química activando el carbón por medio de ácido ortofosfórico con el diseño de dos filtros de distintos materiales. Se obtuvo como resultado que el carbón activado derivado de la corteza de cacao demostró una suficiencia destacada para adsorber y eliminar contaminantes en el agua. El filtro que incluía grava fina, arena gruesa, grava gruesa, algodón y ambos tipos de carbón activado presentó un rendimiento superior. Como conclusión final indicó que la cáscara de cacao puede ser una fuente valiosa de carbón activado para la filtración, lo cual representa una opción económica y respetuosa con el medio ambiente, aprovechando un recurso renovable y abundante.

Aguayo et al. (2017) en su investigación tiene como objetivo evaluar el impacto y la relevancia de la química de la superficie de los adsorbentes a base de cáscara de nuez en la adsorción antagónica de iones de metales pesados. Se utilizó la metodología de tipo experimental con un diseño al azar, la población empleada fueron cáscaras de nuez peca dentro de ocho muestras para la síntesis de carbones activados, el procedimiento fue la preparación de carbones activados empleados reactivos como  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{KCl}$ ,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  y  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , luego de ello se realizó una caracterización fisicoquímica de los carbones activados y se estudió la adsorción de iones de metales pesados Zn, Cd, Ni y Cu. Se obtuvo como resultado que, la adsorción se viabilizó a partir de las propiedades fisicoquímicas, mostrando que la activación tanto física, como química de manera conjunta, mejoraba las características adsorbentes de la materia prima. La activación permite una adsorción estimada de 0.011 mmol/g y 0.368 mmol/g. Como conclusión final indicaron que la capacidad y la relevancia de la aplicación de materias primas como la nuez, aporta en los procesos de interacción química siendo una alternativa a favor del medio ambiente.

Saeed et al. (2020) en su investigación tiene como objetivo utilizar fibra Kenaf como carbón activado para recuperar metales pesados de lodos de aguas residuales en adsorción por lotes. Se utilizó la metodología experimental dentro de laboratorio, siendo el procedimiento la elaboración del carbón activado por el método químicos, caracterización del material para observar su porosidad y su eficiencia durante diversos tiempos. Se obtuvo como resultado que, el carbón activado kenaf desarrollado es un adsorbente prometedor que podría usarse para algunos metales pesados. A partir del estudio de adsorción por lotes, se observó que KFAC es capaz de eliminar un promedio del 30 % del elemento metálico pesado del lodo. También se encontró que la mejor eliminación se logra en una solución de pH neutro; aumentar el tiempo de contacto aumentará la absorción del equilibrio, mientras que el aumento de la temperatura aumentará el porcentaje de eliminación de metales pesados. Se concluyó que el carbón activado a base de Kenaf se puede utilizar para la recuperación de metales pesados de los lodos de aguas residuales mediante adsorción discontinua.

Lima et al. (2019) en su investigación tiene como objetivo producir carbón activado a partir de Residuos Agroindustriales y Aplicación en el Tratamiento de Rechazos Desalinizadores. Se utilizó la metodología experimental – cuantitativa con cinco dosis, con un diseño factorial completo, tipo 32, con tres repeticiones y un control, siendo el procedimiento obtener carbón activado para luego ser colocado en contacto con el rechazo del desalinizador durante 30, 60, 120 y 180 minutos luego de los cuales los extractos fueron analizados físico-químicamente. Los resultados indicaron que existe reducción porcentual en las características evaluadas: pH (13,2), conductividad eléctrica (1), sodio (4,7), potasio (35,6), calcio (3,2), magnesio (cero) y cloruro (18.2), indicando la mezcla de fibra de coco y orujo de uva en proporción 50C/50B como la más prometedora en la adsorción de los elementos químicos del rechazo, cuando están en contacto por hasta una hora. Se concluye el estudio indicando que, los materiales orgánicos de fibra son un elemento que puede absorber elementos químicos.

Wulandari et al. (2021) en su investigación tiene como objetivo producir carbón activado a partir de racimos de frutos vacíos de palma como material de electrodo supercondensador. Se utilizó la metodología de tipo experimental con

un diseño descriptivo, el procedimiento inicio con un proceso de carbonización hidrotermal utilizando  $\text{CaCl}_2$  como agente activador. La proporción de materia prima/agente activador/agua fue de 1:2:3. La carbonización hidrotermal se llevó a cabo a  $275^\circ\text{C}$  durante una hora. Además, se activó hidrocarbón a una temperatura de  $800^\circ\text{C}$  en presencia de  $\text{CO}_2$  durante 2 horas. El carbón activado se modificó con ácido nítrico 1 M ( $\text{HNO}_3$ ). Se diseño un electrodo autoportante y flexible de carbón activado/grafeno/nanotubo de carbono (AC/GP/CNT) para construir un supercondensador de alto rendimiento. Se obtuvo como resultado que, el CNT es beneficioso para mejorar la conductividad electrónica del electrodo, mientras que las partículas de CA podrían suprimir eficazmente la agregación de GP y CNT debido a su efecto de bloqueo. El efecto sinérgico entre AC-Ca, GP y CNT valida el AC-Ca/GP/CNT como un electrodo prometedor para supercondensador, exhibiendo rendimientos electroquímicos muy mejorados en comparación con los electrodos GP puros, CNT puros y AC-Ca. Como conclusión final indicaron que, la preparación de carbón activado por medio de carbonización hidrotermal es posible evitando temperaturas elevadas como en el pirólisis.

Yasin y Pravinkumar (2020) en su investigación tienen como objetivo producir carbón activado a partir de materiales de biorresiduos mediante el método de activación química y establecer las condiciones óptimas para su producción. Se utilizó la metodología de tipo experimental – cuantitativa, el procedimiento fue obtener los materiales de desecho biológico como trozos de madera, cáscara de coco y aserrín para luego ser tratados con ácido fosfórico y luego se pirolizaron a un intervalo de temperatura de  $200^\circ\text{C}$  a  $500^\circ\text{C}$ . Se examinó el efecto de los diferentes tipos de condiciones de activación comparando los resultados de la prueba de azul de metileno y el análisis inmediato de las muestras preparadas. Se obtuvo como resultado que las condiciones más adecuadas para la preparación de carbón activado fueron  $500^\circ\text{C}$ ,  $360^\circ\text{C}$  y  $300^\circ\text{C}$  para la pirólisis de trozos de madera, cáscara de coco y aserrín, respectivamente. Como conclusión final indican que, los biorresiduos pueden activarse químicamente a temperaturas óptimas.

Ahmed et al. (2019) en su investigación tienen como objetivo desarrollar un método limpio para la producción de CA a partir de biomasa leñosa con bajo consumo de productos químicos. La metodología es netamente experimental empleando madera de pino cortado, debido a la amplia disponibilidad en Australia, siendo esta donada por HQ Plantations Pty Ltd, Queensland, Australia, por lo que no se utilizó un muestreo, el procedimiento fue la pirólisis para preparar el carbón activado, una pre pirólisis para la biomasa para ser activada con KOH, luego se logró medir la adsorción de gases N<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>. Se obtuvo como resultado que los carbonos activados producidos presentaron propiedades fisicoquímicas similares. La estrategia redujo el uso de productos químicos en un 70% y produjo carbono activado ultramicroporosos de alto rendimiento con una excelente capacidad de adsorción de dióxido de carbono (4,22e5,44 mmol m<sup>2</sup>). Como conclusión final indican que, estos métodos de producción como la pre pirólisis es más limpio con menor uso de químicos en la preparación de carbón activado a partir de biomasa.

Fadhil y Kareem (2021) en su investigación tienen como objetivo inspeccionar la posibilidad de explotar una mezcla equivalente de biorresiduos disponibles localmente, a saber, huesos de dátiles (DP) y huesos de aceituna (OS), para la producción de bioaceite (BO) y biocarbón. (BC) mediante ruta de pirólisis térmica en un reactor semicontinuo a escala de laboratorio. La metodología fue experimental siendo la población las semillas que se secaron durante tres días y luego trituradas, el procedimiento se aplicó con series de pirólisis térmica de mezcla (DS + OS) se realizaron en un reactor de pirólisis a escala de laboratorio bajo una corriente de gas N<sub>2</sub>. Los resultados indicaron que DP y OS pueden implementarse como un candidato para la creación de combustible, el rendimiento de estos productos líquidos por co-pirólisis de mezclas (DP + OS) fue (51,11 % con un rendimiento de BO de 37,17 %) y se obtuvo a una temperatura de pirólisis de 500 °C usando un tamaño de partícula de malla 60 a 20 ° Velocidad de calentamiento C/min durante 80 min.

Luy (2022) en su investigación tuvo como objetivo calcular la eficiencia en la reducción del cloro residual libre en el agua de mesa mediante el uso del carbón activado obtenido a través de este método. La metodología fue de tipo

experimental cuantitativa, siendo la población a estudiar las semillas de eucalipto (*Eucalyptus globulus Labill*) de la provincia de Huancabamba, el procedimiento fue obtener seis carbones activados de las semillas de eucalipto que se hicieron reaccionar con ácido fosfórico a diferentes concentraciones y a diferentes tiempos de reacción: 30% - 8H (CA308); 30% - 12H (CA3012); 55% - 8H (CA558); 55% - 12H (CA5512); 80% - 8H (CA808) y 80% - 12H (CA8012). Los resultados indicaron que el carbón CA3012 removió el 100% de cloro residual libre, siendo esto ideal para ser utilizado en el tratamiento de agua de mesa. Como conclusión final indico que se determinó que el carbón activado derivado de las semillas de eucalipto y el ácido fosfórico es un material eficaz y económico para eliminar el cloro residual libre en el líquido de mesa, lo que contribuye a mejorar su calidad y a prevenir posibles efectos indeseables en la salud de los consumidores.

El sector con mayor uso de agua es el agrícola, ya que demanda alrededor del 65% del recurso disponible, pues, la falta de un sistema de riego adecuado da paso a una pérdida excesiva de agua, por otro lado, está el sector industrial, el cual demanda el 25% y lo restante, se usa en actividades domésticas, comercio u otros servicios de urbanismo. Sin embargo, es la actividad agrícola, que, por sus sistemas de irrigación, genera un consumo irresponsable de casi un 70% del agua, y en regiones con ecosistemas áridos el gasto es hasta el 90%, estos porcentajes han ido en aumento desde el año 1960, lo que ha llevado a plantearse estrategias para mejorar los sistemas de regadío (Avilés, 2006).

El carbón activado, compuesto por carbono y caracterizado por su alta capacidad de adsorción y porosidad, se emplea ampliamente en diversas aplicaciones para purificar y eliminar contaminantes (Luna, et al., 2007). Su producción se basa en el uso de materiales carbonáceos como residuos agrícolas, maderas y cáscaras de coco, sometidos a procesos de activación física o química que incrementan su área superficial y capacidad de adsorción. La estructura porosa del carbón activado consta de microporos y mesoporos que actúan como sitios de adsorción para capturar los contaminantes. La superficie específica y la capacidad de adsorción varían según diversos factores, como el precursor utilizado y el método de activación (Moreno, 2021)

La demanda de carbón activado ha aumentado debido a la creciente conciencia ambiental. Sin embargo, la producción comercial de carbón activado sigue siendo costosa debido al equipamiento y mantenimiento requeridos, especialmente cuando se emplean precursores naturales costosos como la madera y el carbón. Debido a esto, se necesita una investigación intensiva con el objetivo de encontrar materiales alternativos ecoamigables y de bajo costo que puedan convertirse en carbón activado económico (Bari et al., 2022). Buscando residuos para su producción, como el hueso de aceituna.

La semilla o hueso de aceituna es un residuo agroindustrial generado por la producción del olivar, la pepa pertenece al 18 o 23% del fruto en general, y tiene características lignocelulósicas que le aportan el 21.9% de carbono, y una baja cantidad de cenizas tras su exposición a la carbonización. Está compuesta de lignina, celulosa y hemicelulosa, la misma tiene una estructura muy dura que le da un valor agregado para su obtención y posterior transformación en carbón activado (Barreto, 2013).

El coco es una fruta alargada y redonda, tiene carne fibrosa y de color blanco, la cual se denomina copra, y a su vez, está cubierta por una cáscara marrón, peluda y de consistencia dura. Tiene un gran aporte de minerales como potasio, que tiene una cantidad de 35 a los 650 mg por 100g de fruto consumido. El fruto directamente es comúnmente denominada nuez de coco, la cual pesa alrededor de 2.5 kg, y tiene una envoltura fibrosa, tras abrir esta capa, se llega a la almendra, la que cubre la copra o alimento del fruto. Es aquí donde esta cáscara se usa para artesanías como recipientes o actualmente se usa para la producción de carbón (NOVAAGRO, 2023).

En el proceso de adsorción, se produce la unión de partículas de una sustancia a la superficie sólida, formando una capa de moléculas en la interfaz entre sólido y líquido. En el ámbito de la eliminación de metales pesados, la adsorción se emplea como una técnica altamente efectiva para capturar y retener dichos contaminantes en un material adsorbente. A lo largo del tiempo, la adsorción ha sido ampliamente empleada a nivel industrial como un proceso de purificación y separación. El carbón activado, un adsorbente altamente poroso y selectivo, ha demostrado una excelente capacidad para eliminar compuestos orgánicos como

colorantes, fenoles, disruptores endocrinos, pesticidas, productos farmacéuticos y varios iones metálicos. El fenómeno de adsorción se puede clasificar en tres tipos principales: difusión, reacción química en la superficie (incluyendo intercambio iónico y complejación) y complejación de superficie (Medina & Alvarado, 2019).

En las últimas décadas, el carbón activado ha encontrado amplio uso en una variedad de aplicaciones tanto en el ámbito ambiental como industrial. Se ha empleado para la purificación, la separación de gases, la separación de contaminantes orgánicos en el agua y las aguas residuales, procesos catalíticos y en procesos industriales. Además, ha desempeñado un papel crucial en las industrias química, farmacéutica y alimentaria. Los carbones activados se destacan por su alta área superficial, porosidad y naturaleza química en la superficie, lo que los convierte en excelentes adsorbentes. No obstante, los carbones activados disponibles en el mercado siguen siendo costosos debido al uso de materiales no renovables y relativamente costosos, como el carbón, lo cual carece de justificación en aplicaciones de control de la contaminación. La producción de carbón activado a bajo costo es un desafío principal en la fabricación a gran escala. Por esta razón, se han investigado recientes técnicas de producción y la utilización de materias primas más económicas, como los residuos agrícolas, como precursores para la obtención de carbón activado a un precio accesible (Ahmad et al., 2021).

El proceso de activación química se utiliza para mejorar las propiedades del carbón activado. Entre los agentes químicos de activación más comunes se encuentra el ácido fosfórico ( $H_3PO_4$ ). La activación química mediante el uso de ácido fosfórico implica tratar el material carbonáceo con este ácido y luego someterlo a un proceso de activación térmica, lo cual desempeña un papel esencial en la generación de porosidad en el carbón activado, aumentando así su área superficial y su capacidad de adsorción. Además, este proceso también puede mejorar la reactividad química del carbón activado, lo cual resulta beneficioso para la adsorción de contaminantes, como los metales pesados (VANEGAS, 2021).

Los metales pesados, que son componentes químicos con una alta densidad (superior a 5 g/cm<sup>3</sup>), representan una seria amenaza tanto para la salud humana como para el ecosistema debido a su toxicidad, persistencia y capacidad de acumulación en los seres vivos (Reyes et al., 2012). Estos metales pueden tener un origen natural o ser generados por la actividad minera, la industria metalúrgica o el procesamiento de pieles. La presencia de estos elementos en el agua compromete la calidad del agua, afecta la vida acuática y restringe su uso en actividades agrícolas y domésticas. Por ello, es de real importancia tener soluciones sostenibles y efectivas para abordar la contaminación del agua causada por metales pesados (Pabón et al., 2020).

**Carbón activado:** se considera un producto que presenta una estructura de forma cristalina, presenta mucha porosidad por lo que sus cristales pueden atraer moléculas.

**Procesos de activación:** son procesos para que exista la propiedad de adsorción del carbono, este puede ser químico y físico. Es así que el primero se realiza con la adición de compuestos y el segundo por calor.

**Efluente de agua:** es el resultado de procesos en los cuales el resultado es salida de agua de una estructura fabricada de origen humano, considerados contaminados.

**Restos orgánicos:** residuos que se descomponen naturalmente, estos pueden desintegrarse o usarse como subproductos como el compostaje.

**Adsorción de carbón activado:** consiste en un proceso que capta sustancias solubles por medio de la adherencia en su composición química en su superficie.

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

##### 3.1.1. Tipo de investigación

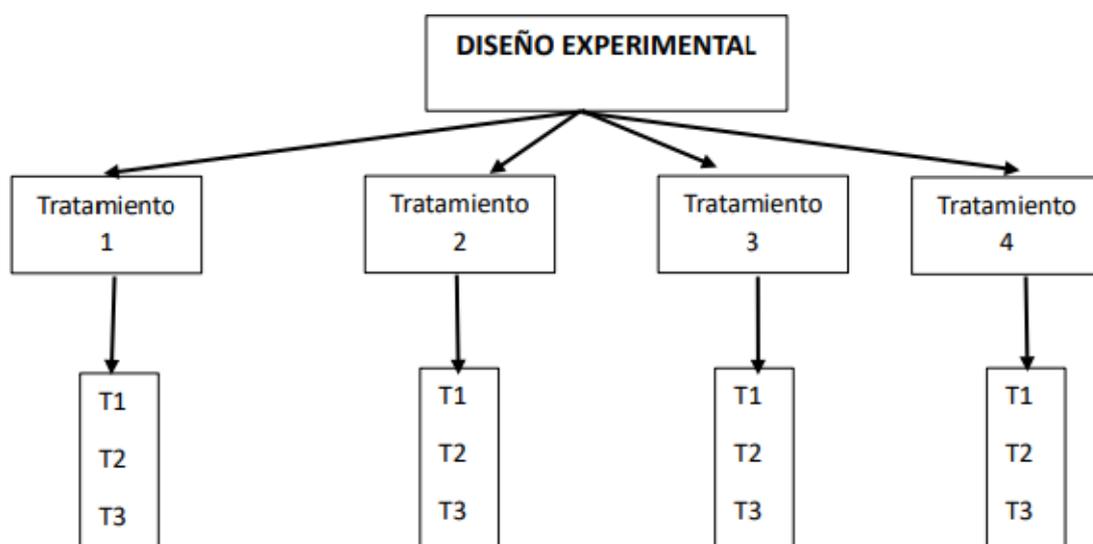
El tipo de investigación es explicativo, ya que se centrará a identificar causas y efectos de un fenómeno en específico. Esto se debe a que el estudio tuvo como objetivo abordar un problema específico, que es el tratamiento de aguas contaminadas con metales pesados utilizando carbón activado de origen biológico.

##### 3.1.2. Diseño de investigación

El diseño de investigación es de tipo cualitativo-experimental porque se establecerá una relación entre los datos recolectados y se evaluará una relación entre causa y efecto.

El diseño experimental se refiere a una técnica estadística que se encuentra en el campo de la estadística y que posibilita la evaluación de las causas y los efectos que una variable tiene sobre otra en el marco de una investigación experimental (Alonso, 2018).

*Figura 1* Diseño experimental propuesto



**Fuente:** Elaboración Propia

## **3.2 Variables y operacionalización**

La capacidad de adsorción de los carbones activados se establece como la variable dependiente y para su eficiencia se someterán ambos carbones a las muestras de agua en las cuales se analizó posteriormente para determinar si habrá o no influencia del carbón como agente adsorbente de metales pesados (Anexo 2).

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

### **3.3.1. Población**

Se le llama población al grupo de elementos o individuos, los cuales fueron sometidos a investigación o de los que se desea saber algo (Arias, 2012).

En este caso se tomó en cuenta los desechos lignocelulósicos generados en la agroindustria. Específicamente, se seleccionarán los huesos de aceituna y se comparará con un carbón comercial de Coco, como material de estudio.

#### **3.3.1.1. Criterios de inclusión:**

Los desechos lignocelulósicos fueron generados en una agroindustria

Los desechos deben corresponder a las clases específicas de aceituna Kalamata y carbón activado comercial de coco.

#### **3.3.1.2. Criterios de exclusión:**

Los desechos lignocelulósicos generados en otras industrias diferentes a las que generan estos residuos.

Cualquier otro tipo de materia, que no pertenezca a la producción de aceituna u otro tipo de carbón comercial.

### **3.3.2. Muestra**

La muestra en esta investigación se constituyó por los desechos lignocelulósicos generados en la agroindustria específicamente, la pepa

de aceituna *Kalamata*, los cuales son generados en grandes cantidades, asimismo, se optó por comparar su acción con el carbón activado de coco de tipo comercial. Los elementos de la población son seleccionados para formar parte de la muestra, representando de manera adecuada las características de los desechos lignocelulósicos utilizados en el estudio. El tamaño de la muestra se determinó a través de los antecedentes, que sirvieron de guía para el desarrollo experimental.

Los datos arrojados tras la experimentación fueron anotados y posteriormente procesados en Excel, donde se aplicó el desarrollo de gráficas estadísticas que representaron de manera más específica el estudio, a través de la exposición de valores.

### **3.3.3. Muestreo**

En este proyecto, se empleó un método de muestreo no probabilístico por conveniencia para la selección de la muestra (Scharager, 2001). Este tipo de muestreo se basó en la disponibilidad y accesibilidad de los elementos de la población. El proceso de muestreo por conveniencia implica seleccionar los elementos de la muestra que están fácilmente disponibles y son accesibles para el investigador. En este caso, los desechos lignocelulósicos generados en la industria alimentaria fue de aceituna *Kalamata*, y se obtuvo un carbón activado comercial dese consideran disponibles para el estudio (Salas, et al., 2021).

Como investigadora pude tener acceso a estos desechos lignocelulósicos a través de la agroindustria, por lo que se seleccionó convenientemente las muestras de aceituna *Kalamata*, y se adquirió carbón activado de coco. Se eligió elementos de la población que mejor representen las características y propiedades de los desechos lignocelulósicos utilizados en el estudio. Es importante tener en cuenta que el muestreo por conveniencia puede presentar limitaciones en términos de representatividad y generalización de los resultados a la población más amplia. Los resultados obtenidos a partir de una muestra no probabilística por conveniencia pueden estar sesgados y no ser completamente representativos de la población. Por lo tanto, es necesario tener

precaución al interpretar y generalizar los resultados del estudio (Sáenz 2017).

#### **3.3.4. Unidad de Análisis**

La unidad de análisis en este proyecto se refirió a cada una de las muestras de desechos lignocelulósicos que fueron seleccionadas de la población de la industria maderera. En este caso, las unidades de análisis la pepa de aceituna Kalamata y el carbón activado de coco.

Cada unidad de análisis representó una muestra individual de desechos lignocelulósicos y tiene características específicas relacionadas como su deshecho y fácil eliminación, asimismo, se tomará como un producto rentable para la disminución de metales pesados. Estas características influyen en la capacidad de adsorción de los carbones activados derivados de estos desechos.

El análisis se realiza de manera individual para cada unidad de análisis, examinando su capacidad de adsorción utilizando el ácido fosfórico como agente de activación. En el estudio se evaluó cada muestra de agua antes y después de exponerla al carbón activado, para determinar la capacidad de adsorción de cada unidad de análisis (Otzen, (2017).

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

En este estudio se emplearon varias metodologías para investigar el proceso de acondicionamiento y activación de materiales lignocelulósicos. En primer lugar, se realizó una observación directa de los pasos que incluyen la carbonización de los residuos de aceituna *Kalamata*, y posterior impregnación con ácido fosfórico. Seguidamente, se adquirió carbón activado comercial de coco, y se llevó un registro meticuloso de datos como el peso de cada residuo, la proporción de ácido fosfórico usado, temperaturas y tiempos de activación, entre otros aspectos cruciales del procedimiento (Mendoza, et al., 2020).

Estos registros proveen información precisa y objetiva sobre las variables y procesos. Además, se llevó a cabo mediciones utilizando instrumentos como una balanza analítica para cuantificar los materiales y se elaboró una estructura para realizar el tratamiento con carbón activado y medir la capacidad de adsorción. Para realizar estos procedimientos, se recurrió a una serie de instrumentos y

materiales, como molino de cuchillas, tamices para clasificación, mufla, espectrofotómetro e instrumentos como: matraces, buretas, vasos beaker y papeles de filtro (Oviedo & Vinueza, 2020).

### 3.5. Procedimientos

Para observar la influencia de carbón activado de aceituna *Kalamata* y coco, se evaluará su capacidad por diversas cantidades en gramo, aplicados a cada muestra de agua del río Tambo, la cual será distribuida en una estructura de vidrio, que tendría una pequeña bomba de pecera. Para cada tratamiento, habrá una muestra patrón, la cual no tendrá acción de ningún material para experimentación, asimismo, se evaluará el carbón activado en pesos de 0g, 50g y 100g para carbón de aceituna *Kalamata* y carbón comercial de coco. Obteniendo 1 muestras de agua para cada tratamiento. Tras la realización experimental se llevó a cabo una comparación con los ECA de agua de uso agrícola.

**Tabla 1** Tratamiento con carbón activado comercial de Coco (g)

Tratamiento	Hierro (Fe) y Cobre (Cu)	Cantidad
T0	Carbón de coco	0g
T1	Carbón de coco	50g
T2	Carbón de coco	100g

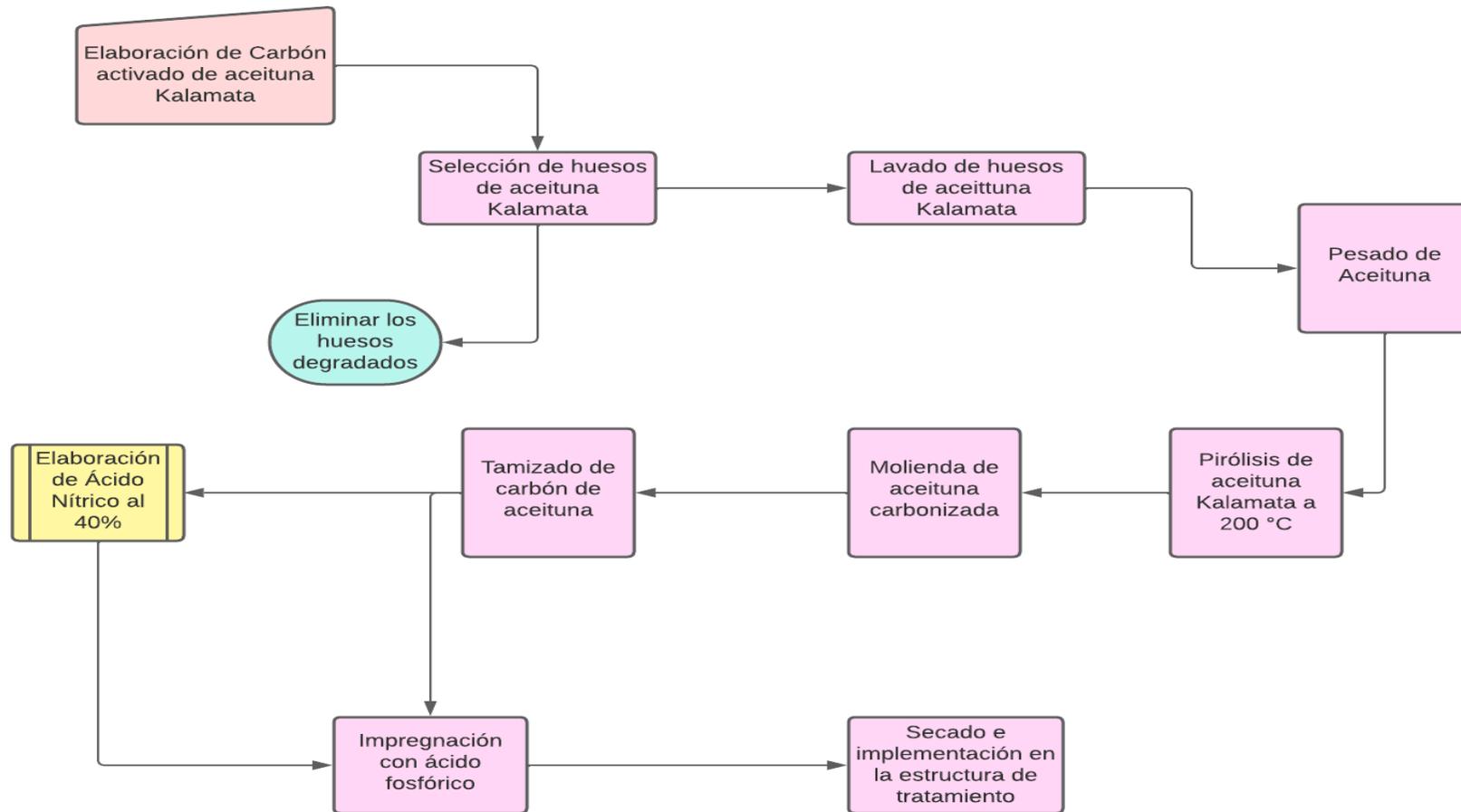
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 2** Tratamiento con carbón activado de aceituna *Kalamata* (g)

Tratamiento	Hierro (Fe) y Cobre (Cu)	Cantidad
T0	Carbón de aceituna <i>Kalamata</i>	0g
T1	Carbón de aceituna <i>Kalamata</i>	50g
T2	Carbón de aceituna <i>Kalamata</i>	100g

Fuente: Elaboración propia

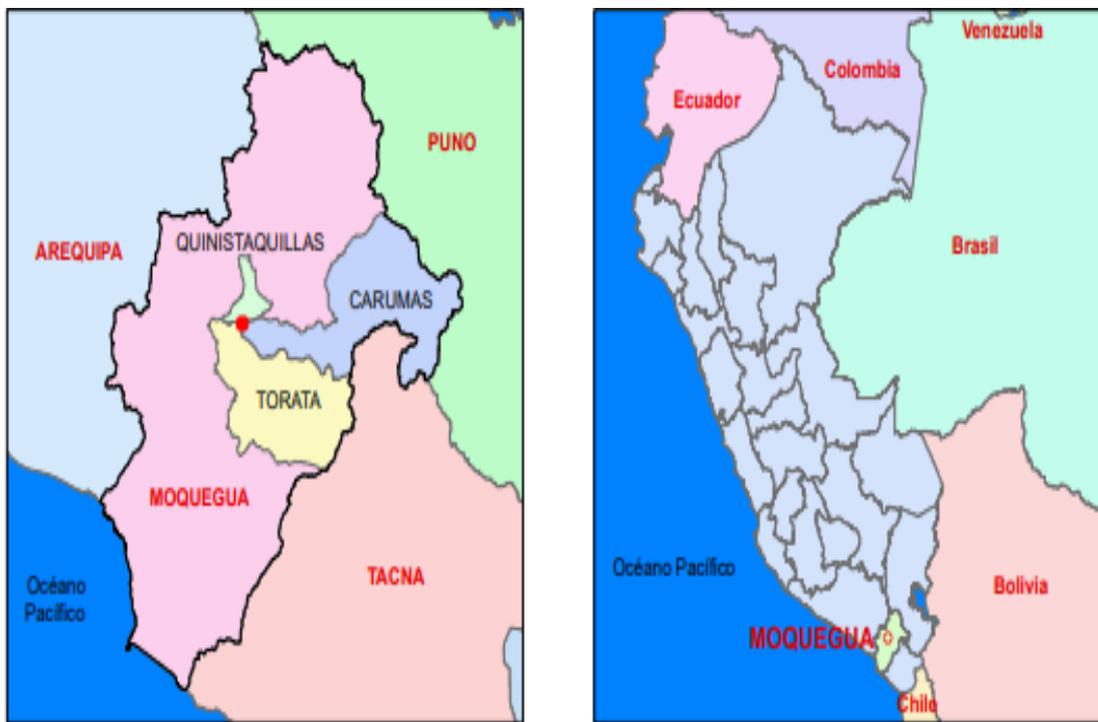
**Figura 2** Elaboración de carbón activado de aceituna Kalamata



**Fuente:** Elaboración propia

El río Tambo, del distrito de Torata, está ubicado en el departamento de Moquegua que se encuentra al sur de Perú.

**Figura 3** Ubicación del lugar de estudio



	<b>UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</b> Facultad de Ingeniería y Arquitectura Ingeniería Ambiental				
	Proyecto: <b>Obtención de carbón activado de origen biológico para el tratamiento de aguas contaminadas en la ciudad de Moquegua</b>				
	Plano: <b>Plano de Ubicación</b>				
Elaborado por:	Fecha:	Ubicación	Proyección y Datum:	Escala numérica:	Plano N°:
Taybelly Silvasantiesteban Ahuite	Oct. 2023	Distrito: Quinistaquillas Provincia: Gral. Sánchez Cerro Región: Moquegua	Sistema de Coordenadas: UTM Datum Horizontal: WGS 84 Zona o Huso Horario: 19S		<b>01</b>
Fuente:	Instituto Geográfico Nacional - IGN				

**Fuente:** Elaboración propia

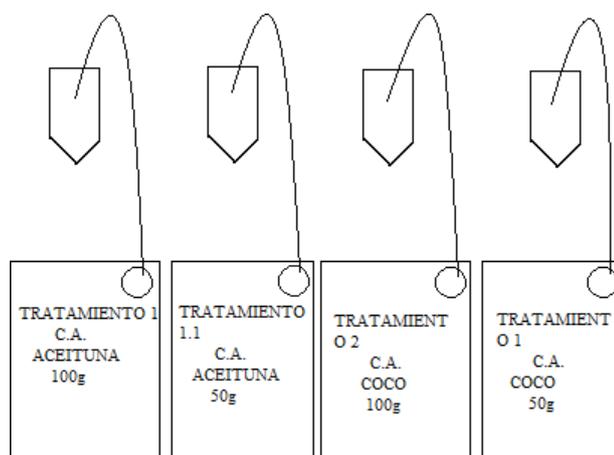
Para la recolección de agua se sectorizó tres puntos del río Tambo, el cual nos permitiría observar en que zona recolectar las muestras de agua para su posterior

análisis. Se determinaron tres puntos a lo largo del río, de modo que se tuviera una estimación de los metales pesados presentes en esta fuente de agua, la cual es usada para uso agrícola.

Se acudió a los diversos puntos ya geolocalizados en ArcGIS, y se necesitó de materiales como un balde para introducirlo al cauce, se colocó una cantidad de agua en pomos pequeños y finalmente se agregó ácido nítrico, con el fin de estabilizar las muestras de agua (Chiclote, 2018).

Se realizó un plano de la estructura donde se colocaría el agua para su posterior tratamiento. En ella involucra la instalación de las bombas, con los tratamientos de carbón activado en diversas cantidades.

**Figura 4** Esquema de la estructura para tratamiento



**Fuente:** Elaboración propia

En la figura 4 se observan los distintos tratamientos utilizados siendo el uso de aceitunas y coco en porciones de 100g y 50g respectivamente.

La confiabilidad según Oviedo y Vinueza (2020) se hace referencia a la estabilidad y consistencia de los resultados obtenidos mediante el uso de un instrumento o procedimiento de análisis. En el contexto del tratamiento de aguas residuales con carbón activado a un instrumento o método confiable que generará resultados coherentes al realizar mediciones repetidas de las mismas muestras bajo condiciones similares, esto implica que el análisis no debe ser susceptible a variaciones significativas causadas por factores externos y las mediciones deben ser capaces de replicarse con la garantía de una alta confiabilidad que asegura que

los resultados obtenidos sean precisos y las conclusiones basadas en estos resultados sean sólidas y puedan ser reproducidas de manera consistente.

**Figura 5** Estructura para el tratamiento



Fuente: Elaboración propia

Se llevó a cabo la recolección de los residuos de aceituna Kalamata, los cuales fueron lavados con agua destilada y posteriormente fueron pesados en una balanza analítica, para comprobar su peso inicial.

Se procedió a realizar su respectiva calibración a la balanza, con el fin de no alterar los resultados durante la experimentación, posteriormente se pesó la aceituna tras su secado a temperatura ambiente, lo que permitió mantener una cantidad precisa de la materia en su fase inicial, ya que habría una disminución tras someterla al otro proceso.

Se colocó las materias primas en una fuente, en el caso del hueso de la aceituna se colocó en una mufla a 200 °C por un tiempo de 24 horas. Se realizó un proceso de pirólisis y disminución del tamaño de partícula de los residuos lignocelulósicos.

Se pasó a reducir el hueso de aceituna tras el proceso de carbonización en un molino de cuchillas, asimismo, se tamizó en una malla de 80, eliminando las partículas más grandes, y se procedió a pesar (Romero, 2019).

Como primer paso, se preparó una solución de ácido fosfórico al 40 % en peso. Luego, se tomó 50 g de material lignocelulósico y se coloca en un recipiente que ha sido previamente pesado. Se le agregó ácido fosfórico al 40 % en una proporción de 1 gramo de ácido, con el objetivo de optimizar el rendimiento de carbón activado. Se realizó una mezcla vigorosa de aserrín y el ácido hasta que el aserrín esté completamente humedecido. Finalmente, se cubrió el recipiente con una película plástica y se dejó reposar durante 24 horas para permitir la impregnación.

Una vez completada la etapa de impregnación, se introducen las muestras impregnadas en pequeñas bombas, las cuales serían la estructura para someterlas a las muestras de agua, las cuales estuvieron sectorizadas en 4 niveles y se realizó un monitoreo durante 4 días.

### **3.6. Método de análisis de datos**

Para la comparación de los datos obtenidos del laboratorio, se utilizó el análisis estadístico t de *student*. Se utilizó un nivel de significancia del 5% para evaluar la importancia estadística de los resultados. El uso de esta prueba facilita el procesamiento y análisis eficiente de los datos recopilados (Ocampo, 2020).

### **3.7. Aspectos éticos**

La calidad ética en la investigación se sustenta en diversos criterios, tanto a nivel nacional como internacional, los mismos que tienen como objetivo salvaguardar los derechos y el bienestar de los participantes en estudios científicos (Gagñay et al., 2020). La implementación de estos principios y criterios éticos en la investigación juega un papel crucial para asegurar la integridad, validez y respeto hacia los participantes destacando su importancia en el contexto de una investigación que se enfoca en la disminución de la contaminación en el Río Tambo en Perú.

#### IV. RESULTADOS

Dentro del desarrollo de análisis de los resultados, se tomaron 3 muestras de agua del Río Tambo de los cuales se obtuvieron los siguientes resultados para los metales pesados.

**Tabla 3** Resultados de las muestras de Río Tambo

INFORME DE ENSAYO N° 2-02579/23					
Muestra		P -1	P -2	P -3	
ENSAYO	UNIDAD	RESULTADOS			Promedio
Cobre (*)	mg/L	0.0164	0.0184	0.0183	0.01770
Hierro (*)	mg/L	1.729	1.735	1.865	1.77633

**Fuente:** Elaboración propia

En la tabla 3 se indica los tres puntos tomados en el Río Tambo en Perú, en donde se analizan los metales hierro (Fe) y Cobre (Cu), para lo cual tenemos valores para el cobre de 0.0164 mg/L en el punto 1, 0.0184 mg/L en el punto 2 y 0.0183 mg/L para el punto 3, así mismo tenemos el análisis del hierro con valores de 1.729 mg/L en el punto 1, 1.735 mg/L en el punto 2 y 1.865 mg/L en el punto 3. Con un promedio en total de 0.01770 mg/L para el cobre (Cu) y 1.77633 mg/L para el hierro (Fe).

Una vez realizados los tratamientos en las muestras de agua, se procede a analizar nuevamente las muestras tratadas obteniendo los siguientes resultados para los metales pesados el hierro (Fe) y Cobre (Cu). A continuación, se detalla los valores obtenidos para los metales pesados en cada uno de los tratamientos realizados.

**Tabla 4** TRATAMIENTO 1 C.A.A. 50 g

ENSAYO	UNIDAD	RESULTADOS			Promedio	
Tratamiento 1	Cobre (*)	mg/L	0.0724	0.0751	0.0715	0.07300
	Hierro (*)	mg/L	7.053	6.637	6.921	6.870

**Fuente:** Elaboración propia

Se utiliza el primer tratamiento seleccionado que consta del carbón activado proveniente de aceituna Kalamata en una concentración de 50 g, en donde podemos observar que para el cobre se obtienen valores de 0.0724 mg/L, 0.0751

mg/L y 0.0715 mg/L para los puntos 1, 2 y 3 respectivamente. Por otro lado, para el hierro tenemos valores 7.053 mg/L, 6.637 mg/L y 6.921 mg/L para los puntos 1, 2 y 3 respectivamente. Con estos resultados podemos observar que el tratamiento no cumple con su objetivo debido al proceso utilizado, por ende, no disminuye los valores de metales pesados en las muestras de agua.

**Tabla 5 TRATAMIENTO 1 C.A.A. 100 g**

ENSAYO		UNIDAD	RESULTADOS			Promedio
<b>Tratamiento 2</b>	Cobre (*)	mg/L	0.0731	0.0717	0.0728	0.0725
	Hierro (*)	mg/L	6.872	6.813	6.857	6.847

**Fuente:** Elaboración propia

Se utiliza el segundo tratamiento seleccionado que consta del carbón activado proveniente de la aceituna Kalamata en una concentración de 100 g, en donde podemos observar que para el cobre se obtienen valores de 0.0731 mg/L, 0.0717 mg/L y 0.0728 mg/L para los puntos 1, 2 y 3 respectivamente. Por otro lado, para el hierro tenemos valores 6.872 mg/L, 6.813 mg/L y 6.857 mg/L para los puntos 1, 2 y 3 respectivamente. Con estos resultados podemos observar que el tratamiento dos tampoco cumple con su objetivo debido al proceso utilizado, por ende, no disminuye los valores de metales pesados en las muestras de agua.

**Tabla 6 TRATAMIENTO 3 C.A.C. 50 g**

ENSAYO		UNIDAD	RESULTADOS			Promedio
<b>Tratamiento 3</b>	Cobre (*)	mg/L	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
	Hierro (*)	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002

**Fuente:** Elaboración propia

Para el tratamiento 3 en donde se utilizó carbón activado comercial de coco en una concentración de 50 g, podemos observar una disminución notable en los resultados en promedio de las aguas del Río Tambo ya que se tenía en el cobre un valor de 0.01640 mg/L y en el hierro 1.72900 mg/L, una vez realizado el tratamiento se obtienen los resultados que se indican en la tabla 6, reduciendo los valores a <0.0002 mg/L para el cobre y <0.002 mg/L para el hierro.

**Tabla 7 TRATAMIENTO 3 C.A.C. 100 g**

ENSAYO		UNIDAD	RESULTADOS			Promedio
Tratamiento 4	Cobre (*)	mg/L	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
	Hierro (*)	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002

**Fuente:** Elaboración propia

En el tratamiento 4 se utilizó carbón activado comercial de coco en una concentración de 100 g y podemos observar una disminución en los resultados si los comparamos con las muestras de agua del Río Tambo, teniendo valores en el cobre de 0.01640 mg/L y en el hierro 1.72900 mg/L, una vez realizado el tratamiento se obtienen los resultados que se indican en la tabla 7, reduciendo los valores a <0.0002 mg/L para el cobre y <0.002 mg/L para el hierro.

Una vez se obtuvieron todos los resultados de las muestras se procede realizar la comparación de los mismo para observar que tratamientos disminuyen la concentración de metales pesados (hierro y cobre) en el agua, para lo cual se utilizó el análisis estadístico t de student comparando los tratamientos 1 y 2 que no tuvieron éxito y los tratamientos 3 y 4 que si funcionaron, con la finalidad de corroborar los resultado estadísticamente, como se observa en el anexo 7, con lo cual se puede indicar que en los tratamientos 3 y 4, el carbón activado derivado de los residuos lignocelulósicos de Cocos puede ser un material efectivo para la adsorción de hierro y cobre presentes en el río Tambo, ubicado en el distrito de Torata, ciudad de Moquegua. Sin embargo, con los dos primeros tratamientos nos indican que, el carbón activado derivado de los residuos lignocelulósicos de la aceituna Kalamata no puede ser un material efectivo para la adsorción de hierro y cobre presentes en el río Tambo, ubicado en el distrito de Torata, ciudad de Moquegua, como se observa a continuación:

**Tabla 8** Comparación de muestras de agua para el cobre (Cu)

<b>Análisis Cobre (Cu)</b>	<b>Agua del Río Tambo</b>	<b>Muestra tratada</b>	<b>Unidad</b>	<b>Resultado</b>
Tratamiento 1	0.01770	0.07300	mg/L	<b>No funciona</b>
Tratamiento 2	0.01770	0.0725	mg/L	<b>No funciona</b>
Tratamiento 3	0.01770	<0.0002	mg/L	<b>Funciona</b>
Tratamiento 4	0.01770	<0.0002	mg/L	<b>Funciona</b>

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 9** Comparación de muestras de agua para el hierro (Fe)

<b>Análisis Hierro (Fe)</b>	<b>Agua del Río Tambo</b>	<b>Muestra tratada</b>	<b>Unidad</b>	<b>Resultado</b>
Tratamiento 1	1.77633	6.870	mg/L	<b>No funciona</b>
Tratamiento 2	1.77633	6.847	mg/L	<b>No funciona</b>
Tratamiento 3	1.77633	<0.002	mg/L	<b>Funciona</b>
Tratamiento 4	1.77633	<0.002	mg/L	<b>Funciona</b>

**Fuente:** Elaboración propia

Los resultados obtenidos en la investigación revelaron un rendimiento significativo en dos de los cuatro tratamientos evaluados para la reducción de metales pesados, específicamente hierro y cobre, en el Río Tambo en Perú. Entre los tratamientos seleccionados, los experimentos con el tratamiento 3 y el tratamiento 4 demostraron una eficacia en la disminución de la concentración de estos contaminantes. Estos hallazgos sugieren que la aplicación de los métodos utilizados en estos dos tratamientos tiene un impacto positivo y prometedor en la mejora de la calidad del agua del río, abriendo oportunidades para futuras investigaciones y aplicaciones prácticas en la gestión ambiental.

## V. DISCUSIÓN

Los resultados del presente estudio indican que, el carbón activado de coco, utilizado en los tratamientos 3 y 4 de, mostró una eficacia superior en la reducción de metales pesados en el agua, comparado con el carbón activado de aceituna Kalamata, obteniendo una reducción hasta valores inferiores a los límites de detección tanto para el cobre ( $<0,0002$  mg/L) como para el hierro ( $<0,002$  mg/L).

Por otro lado, los resultados muestran que la validación estadística a través del análisis t de Student entre los tratamientos menos eficaces (1 y 2) y los más eficaces (3 y 4) confirma la relevancia de los resultados, asegurando que las diferencias en la eficacia de adsorción son estadísticamente significativas. Esta validación es fundamental para apoyar la elección de materiales apropiados para la purificación de agua bajo condiciones similares.

Estos resultados son similares a los obtenidos por Akter et al. (2022) en el cual se evaluó la ceniza de fibra de coco como un adsorbente de bajo costo para tratar aguas residuales de galvanoplastia, comparándola con adsorbentes sintéticos. Se experimentó con diferentes dosis de adsorbente (0,2 g, 0,6 g, 1 g), tamaños de partícula (50 a 200 micrones) y tiempos de contacto (40, 80, 120 minutos) para remover iones de plomo (Pb), cobre (Cu) y zinc (Zn). Los resultados mostraron que la ceniza de fibra de coco es menos eficiente en remover zinc con un máximo del 34% de eficiencia, pero alcanzó hasta un 95.04% y 80% de eficiencia en la eliminación de plomo y cobre respectivamente, utilizando 1 g de adsorbente y 120 minutos de contacto.

De igual manera, se tiene el estudio de Bravo & Garzón (2018), cuyo objetivo fue evaluar la eficiencia del carbón activado procedente del residuo agroindustrial del coco en la eliminación de contaminantes en agua, obteniendo que el tratamiento de 100g de carbón activado como el más eficiente (75,68%) en la eliminación de contaminantes del agua.

La captación de metales pesados en huesos de aceituna activados químicamente también ha sido ampliamente estudiada. En el caso de la eliminación de cadmio por Obregón & Sun (2014), la capacidad a un pH de 5 fue de 24,83 mg/g pero disminuyó a 9,01 mg/g a un pH de 2 debido a la competencia de los iones

hidrógeno, y se utilizó ácido fosfórico para producir este carbón activado a partir de hueso de aceituna con un área superficial de 1169 m<sup>2</sup>/g. Un carbón de hueso de aceituna activado con cloruro de zinc solo reportó una capacidad de 1,85 mg/g (Kula et al., 2008). De igual manera, en el estudio de Sholpan et al. (2017), en el cual se desarrolló un carbón activado de cáscara de hueso de fruta, se obtuvo un valor de adsorción para el hierro igual a 0,02 mg/g.

También se ha determinado que se este tipo de carbón activado, es efectivo para el tratamiento de otros metales presentes en aguas contaminadas como el plomo, en el cual se obtuvo una capacidad máxima de adsorción de 91,70 y 73,90 mg/g para los adsorbentes modificados y no modificados de cáscara de coco, respectivamente, mostrando su elevada efectividad (Jock et al., 2022).

Así mismo, en el presente estudio, el aumento en la dosis de carbón activado de coco no resultó en diferencias significativas entre las concentraciones de 50 g y 100 g, lo que sugiere que una menor cantidad es suficiente para lograr una alta eficacia en la adsorción de estos metales, lo cual resulta importante para optimizar los costos y la eficiencia del tratamiento en aplicaciones prácticas.

Esta alta eficiencia es similar a la observada en el estudio de Saeed et al. (2020), donde el carbón activado de fibra Kenaf también exhibió una buena capacidad de adsorción. Ambos estudios resaltan la importancia de la naturaleza del material precursor y su tratamiento de activación en la eficacia adsorbente.

El carbón activado de coco generalmente posee una estructura porosa más desarrollada y una mayor área superficial, lo cual resulta importante, dado que la eficiencia en la adsorción de metales pesados depende en gran medida de la cantidad de sitios activos disponibles para capturar estos iones (Vali et al., 2024). En el estudio realizado por Kumar et al. (2018) encontró que las características porosas del carbón activado de coco permiten una mayor captación de metales como plomo y cadmio debido a su estructura altamente accesible y microporosa.

La naturaleza química del material precursor también juega un rol determinante. Por ejemplo, los residuos de coco contienen ciertos precursores químicos naturales que pueden favorecer la formación de estructuras porosas durante el proceso de activación, además, el contenido de lignina, celulosa y otros compuestos orgánicos

en los precursores influye en cómo se desarrollan las estructuras porosas durante la carbonización y activación (Lutfi et al., 2021).

Según Yasin y Pravinkumar (2020), las condiciones bajo las cuales se activa el carbón, como la temperatura, el agente activador (p.ej., vapor, dióxido de carbono) y el tiempo de retención, son fundamentales para determinar la calidad del carbón activado. Estas condiciones pueden alterar significativamente la porosidad y el área superficial del material resultante. Destacando que en el presente estudio, se obtuvieron variaciones en estos parámetros, los cuales pueden optimizar o reducir la capacidad de adsorción de los carbones activados.

En este sentido, la activación con ácido fosfórico podría haber influenciado la estructura porosa del carbón activado de coco, mejorando su capacidad adsorbente, dado que, este tratamiento químico promueve la creación de una estructura porosa al descomponer los componentes orgánicos del material, lo que resulta en un aumento del volumen de poros y una mejora en la accesibilidad de los sitios de adsorción. Como resultado, hay una mayor superficie disponible para la interacción con los metales pesados, lo que potencialmente aumenta la eficacia de la adsorción (Neme et al., 2022).

Según el estudio de Ahmed et al. (2019), la activación química no solo amplía la estructura porosa sino que también puede introducir grupos funcionales en la superficie del carbón activado. Estos grupos funcionales pueden interactuar específicamente con metales pesados a través de mecanismos de complejación o intercambio iónico, lo que mejora aún más la capacidad de adsorción del carbón.

En este contexto, en el estudio desarrollado por Zahra et al. (2022), tuvo como objetivo la síntesis de un adsorbente utilizando residuos agrícolas, es decir, cáscara de coco, el cual fue modificado mediante activación ácida (AMCSC) y dopaje con manganeso (MDCSC) siguiendo una ruta química simple, obteniendo que, el MDCSC es un mejor adsorbente para los metales en comparación con AMCSC y eliminó el cromo más eficientemente que el hierro de las soluciones sintéticas, es decir, 56.10% en condiciones óptimas, es decir, una dosis de adsorbente de 0.6 g/L, una concentración inicial de iones metálicos de 10 mg/L y un pH = 3.

De igual manera, los hallazgos del estudio de Macías (2021) en el cual se utilizó cáscaras de cacao, también revela cómo diferentes agentes activadores y procedimientos impactan en las características adsorbentes del material final.

Estos resultados se alinean con las teorías y antecedentes previos que sugieren la eficacia del carbón activado, especialmente de origen biológico, en la adsorción de metales pesados en ambientes acuáticos. Es crucial destacar la importancia de respetar los límites permisibles establecidos por la entidad reguladora en Perú en el marco de los resultados de esta investigación, para cumplir con estos estándares no solo garantiza el rigor científico y la calidad de la investigación, sino que también tiene repercusiones directas en la salud ambiental y comunitaria. Al mantenerse dentro de los límites permitidos para la concentración de metales pesados, como el hierro y el cobre, se asegura que las soluciones propuestas sean viables y seguras desde el punto de vista ambiental. Además, el respeto a estos límites permite una integración más efectiva de los resultados en políticas y prácticas de gestión ambiental, asegurando que las soluciones propuestas sean prácticas, sostenibles y alineadas.

Los resultados positivos de esta investigación no solo contribuyen al avance del conocimiento científico en el campo ambiental, sino que también tienen implicaciones prácticas significativas. Al identificar tratamientos exitosos, se abre la puerta a la implementación de estrategias efectivas para mitigar los impactos negativos de la contaminación en el entorno fluvial, beneficiando directamente a las comunidades aledañas que dependen de este recurso para sus necesidades diarias. Estos hallazgos no solo ofrecen soluciones tangibles para problemas ambientales urgentes, sino que también apuntan hacia un futuro sostenible y resiliente para las poblaciones locales que se benefician directamente de la salud de sus recursos hídricos (Domínguez, 2021).

## **VI. CONCLUSIONES**

1. La investigación se pudo contrastar el problema específico del tratamiento de aguas contaminadas con metales pesados en el Río Tambo, mostrando una efectividad en los tratamientos 3 y 4 correspondientes al carbón activado comercial de coco.
2. Respecto a la literatura se encontró similitudes con los resultados obtenidos. Las muestras y el uso de tratamientos específicos, especialmente el carbón activado de origen biológico, fueron elementos clave en la rigurosidad del estudio. No obstante, se reconoce la necesidad de considerar las limitaciones inherentes, como la duración limitada del estudio y la variabilidad en las condiciones ambientales, que podrían influir en la generalización de los resultados a largo plazo.
3. La investigación destaca la importancia de considerar tratamientos específicos y la calidad de los materiales utilizados en el tratamiento de aguas contaminadas. La aplicación exitosa del carbón activado de origen biológico no solo valida la hipótesis planteada, sino que también sugiere la viabilidad de esta solución en contextos similares. Además, este estudio proporciona una contribución significativa al campo de la ingeniería ambiental al ofrecer una estrategia innovadora y efectiva para la mitigación de la contaminación por metales pesados, con implicaciones prácticas y potenciales aplicaciones en la gestión ambiental a nivel local y global.
4. El tratamiento 3 y el tratamiento 4 emergieron como los más efectivos en la remoción de metales pesados, presentando reducciones significativas en las concentraciones de hierro y cobre en comparación con los otros tratamientos evaluados. Este resultado destaca la importancia de seleccionar cuidadosamente los métodos de tratamiento, ya que no todos los enfoques mostraron eficacia en este contexto específico. La identificación de tratamientos exitosos proporciona una base sólida para el desarrollo de estrategias de mitigación de la contaminación por metales pesados en el Río Tambo y sugiere posibles aplicaciones prácticas en la gestión ambiental de cuerpos de agua afectados por esta problemática.

## **VII. RECOMENDACIONES**

En función a los resultados obtenido se recomienda replicar los tratamientos expuestos en la presente investigación con la finalidad de aplicar los conocimientos adquiridos respecto a la aplicación del carbón activado obtenido de aceituna y cascara de coco para reducir la contaminación del agua, en específico en la concentración de Hierro y Cobre.

En lo relacionado con las limitaciones inherentes se recomienda que existan réplicas de la presente investigación en diferentes espacios con una duración diferente, otras condiciones de variables ambientales para llegar a distintas condiciones y así poder generalizar la metodología establecida en la presente investigación.

A los gobiernos locales y nacionales, difundir los resultados metodológicos y teóricos para que exista una difusión de los resultados en especial con los tratamientos 3 y 4, ya que, la utilidad del carbón activado comercial de coco, es una herramienta para la gestión ambiental que puede ser empleada dentro de los planes, programas y proyectos a beneficio de la ciudadanía.

## REFERENCIAS

**AGUAYO-VILLARREAL, I. A.; BONILLA-PETRICIOLET, A.; MUÑIZ-VALENCIA, R.** Preparation of activated carbons from pecan nutshell and their application in the antagonistic adsorption of heavy metal ions. *Journal of Molecular Liquids* [en línea], 2017, [EEUU], 230(1), pp. 686-695. [Consulta: 23 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167732216338247>.

**AHMAD, Abdulbari A.; AL-RAGGAD, Marwan; SHAREEF, Noama.** Production of activated carbon derived from agricultural by-products via microwave-induced chemical activation: a review. *Carbon Letters* [en línea], 2021, [Jordan], 31(5), pp. 957-971. [Consulta: 24 noviembre 2023]. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s42823-020-00208-z>.

**AHMED, Mohammad Boshir, et al.** Activated carbon preparation from biomass feedstock: clean production and carbon dioxide adsorption. *Journal of Cleaner Production* [en línea], 2019, [India], 225(1), pp. 405-413. [Consulta: 24 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652619310583>.

**AKTER, F., ABEDIN, Z., & MUYEN, Z.** Wastewater treatment using coconut fibre ash as an adsorbent for removal of heavy metals. *Archives of Agriculture and Environmental Science* [en línea], 2022, 7(2). [Consulta: 3 septiembre 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.26832/24566632.2022.070207>

**Alban, G, Arguello, A and Molina, N.** Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). *Recimundo* [en línea] 2020. [Consulta: 4 abril 2023]. Disponible en: <https://www.recimundo.com/index.php/es/article/view/860>.

**ALI, Ahmed Elsayid, et al.** Thermochemical Conversion of Lignocellulosic Waste to Activated Carbon: A Potential Resource for Industrial Wastewater Treatment. *Rapid Refrigeration and Water Protection: Next Generation Adsorbents* [en línea], 2022, [EEUU], pp. 153-191. [Consulta: 23 enero 2023]. Disponible en: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-93845-1\\_7](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-93845-1_7).

**ALONSO DÍAZ, Miguel.** Definición de instrumentación para ensayos modales mediante diseño experimental [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España, 2018. pp. 19-21. [Consulta: 23 octubre 2023]. Disponible en: [https://oa.upm.es/52509/1/TFG\\_MIGUEL\\_ALONSO\\_DIAZ.pdf](https://oa.upm.es/52509/1/TFG_MIGUEL_ALONSO_DIAZ.pdf).

**AMAYA Montañez, B and RANGEL Jiménez, D.** Obtención de carbón activado a partir de residuos lignocelulósicos y diseño en adsorbedor para la remoción de Cr<sup>6+</sup> y Pb<sup>2+</sup> en corrientes acuosas [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia, 2004. pp. 3-10. [Consulta: 4 abril 2023]. Disponible en: <https://repositorio.uniandes.edu.co/server/api/core/bitstreams/6553f40e-390e-43e4-8880-1f7b2ab4f6bc/content>.

**Arias, D.** El Proyecto de Investigación. Introducción a la Metodología Científica. [En línea] 2012. [Consulta: 4 abril 2023]. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=W5n0BgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA11&dq=El+Proyecto+de+Investigaci%C3%B3n+-+Introducci%C3%B3n+a+la+metodolog%C3%ADa+cient%C3%ADfica&ots=kZjLalzuo6&sig=XssiKL2sLcyNnFdoMoeHzaf1u>.

**ASIMBAYA, Cristopher, et al.** Obtención de carbón activado a partir de residuos lignocelulósicos de canelo, laurel y eucalipto. *Revista Politécnica*, 36(3), pp.24-24. [Consulta: 23 noviembre 2023]. Disponible en: [https://revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista\\_politecnica2/article/view/537](https://revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista_politecnica2/article/view/537).

**AVILÉS, Hernán.** El valor del agua en la agricultura, *Revista de ciencias de la vida* [en línea], 2006, [Ecuador], pp. 28-31. [Consulta: 24 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/4760/476047389006.pdf>.

**BARI, Md Niamul, et al.** Production of Activated Carbon From Rice Husk and Its Proximate Analysis. *J. Eng. Sci* [en línea], 2022, [Baldia], 13(1), pp. 105-112. [Consulta: 20 septiembre 2023]. Disponible en: [https://www2.kuet.ac.bd/JES/images/files/v13\\_1/12\\_JES\\_V13\\_1.pdf](https://www2.kuet.ac.bd/JES/images/files/v13_1/12_JES_V13_1.pdf).

**BARRETO PÍO, Carmen Elizabeth.** Obtención de carbón activado a partir de la pepa de la aceituna para adsorción de metales pesados (Pb, As) en efluentes líquidos [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Nacional del Callao, Callao, Perú, 2013. pp. 7-15. [Consulta: 23 septiembre 2023]. Disponible en: <https://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/2005>.

**BEDOYA JUSTO, Edgar Virgilio.** Evaluación de dos especies vegetales en la fitorremediación de metales pesados en el río Moquegua, 2018 [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Alas Peruanas, Lima, Perú, 2019. pp. 3-4. [Consulta: 3 septiembre 2023]. Disponible en: [https://repositorio.uap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12990/8969/Tesis\\_Evaluaci%C3%B3n\\_Vegetales\\_Metales.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12990/8969/Tesis_Evaluaci%C3%B3n_Vegetales_Metales.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

**BRAVO, K., y GARZÓN, A.** Eficiencia del carbón activado procedente del residuo agroindustrial de coco (*Cocus nucifera*) para remoción de contaminantes en agua. [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Escuela Superior Politécnica Agropecuaria De Manabí Manuel Félix López., Ecuador, 2018. [Consulta: 3 septiembre 2023]. Disponible en: <https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/606/1/TMA124.pdf>

**CANALES-FLORES, R. A.; PRIETO-GARCÍA, F.** Taguchi optimization for production of activated carbon from phosphoric acid impregnated agricultural waste by microwave heating for the removal of methylene blue. *Diamond and Related Materials* [en línea], 2020, [México] 109 (1), pp. 108027. [Consulta: 4 abril 2023]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092596352030580X>

**Chiclote, Y.** Mejora de la calidad del agua del río Cumbe empleando filtro de carbón activado. *UPN* . [Online] 2018. [Consulta: 4 abril 2023]. Disponible en: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/13839>.

**Domínguez, J.** La importancia de las consideraciones medioambientales en la ejecución del plan de recuperación, transformación y resiliencia. Retrospectivas de futuro. *Actualidad Jurídica Ambiental*. [Online] 2021. [Consulta: 4 abril 2023]. Disponible en: <https://www.actualidadjuridicaambiental.com/wp->

content/uploads/2021/06/2021-07-01-Dominguez-Consideraciones-medioambientales-resiliencia.pdf.

**FADHIL, Abdelrahman B.; KAREEM, Baraa A.** Co-pyrolysis of mixed date pits and olive stones: Identification of bio-oil and the production of activated carbon from bio-char. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* [en línea], 2021, [Iraq], 158(1), pp. 105249. [Consulta: 24 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0165237021002357>.

**GAGÑAY, L.; CHICAIZA, S; AGUIRRE, J.** Ética en la investigación científica. 2020, *Revista Imaginario* [en línea], 2020, [Ecuador], 3(1), pp. 1-10. [Consulta: 4 abril 2023]. Disponible en: <https://www.revista-imaginariosocial.com/index.php/es/article/view/10>.

**JOCK, A., et al.** Preparation of activated carbon adsorbent from coconut husk for the adsorption of lead (ii) ions from aqueous solution. *Nigerian Journal of Tropical Engineering* [en línea], 2022 [Nigeria], 16, pp. 1-10. [Consulta: 3 septiembre 2023]. Disponible en: <https://about.scienceopen.com/privacy-policy/>

**KULA, I., et al.** (2008). Adsorption of Cd(II) ions from aqueous solutions using activated carbon prepared from olive stone by ZnCl<sub>2</sub> activation. *Bioresour Technol*, [en línea], 2008, 99, pp. 492–501. [Consulta: 3 septiembre 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.01.015>

**LESME, R., MARTILLO, J. y OLIVA, L.** Estudio de la gasificación de la tusa del maíz para la generación de electricidad. *SciELO* [en línea], 2020, [Cuba], 23(3), pp. 2-5. [Consulta: 17 septiembre 2023]. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1815-59442020000300008&script=sci\\_arttext&tIng=pt](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1815-59442020000300008&script=sci_arttext&tIng=pt)

**LIMA, S., et al.** Production of activated carbon from agroindustrial residues and application in the treatment of desalinator reject. *Asian Journal of Environment & Ecology* [en línea], 2019, [EEUU], 9(2), pp. 1-8. [Consulta: 23 noviembre 2023]. Disponible en: <http://asian.go4publish.com/id/eprint/1830/1/Messias922019AJEE49008.pdf>.

**LUTFI, M., et al.** Characteristics of activated carbon from coconut shell (*Cocos nucifera*) through chemical activation process. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.*, 2021, 733. [Consulta: 23 septiembre 2023]. Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/733/1/012134/pdf>

**Luna, D., et al.** Obtención de carbón activado a partir de la cáscara de coco. *UAM–Azcapotzalco*. [Online] 2007. [Consulta: 23 diciembre 2023]. Disponible en: [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/60710598/carbon\\_v220190926-3993-1bg3otn-libre.pdf?1569498675=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DObtencion\\_de\\_carbon\\_activado\\_a\\_partir\\_de.pdf&Expires=171414](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/60710598/carbon_v220190926-3993-1bg3otn-libre.pdf?1569498675=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DObtencion_de_carbon_activado_a_partir_de.pdf&Expires=171414).

**LUY SAAVEDRA, Susana.** Obtención de carbón activado a partir de la semilla de eucalipto de la provincia de Huancabamba, para tratamiento de agua de mesa [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Nacional de Piura, Piura, Perú, 2022. pp. 20-34. [Consulta: 24 noviembre 2023]. Disponible en: <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3341774>.

**MACÍAS CEDEÑO, Génessis Mariuxi.** Aprovechamiento de residuos de cáscara de cacao en la obtención de carbón activado para ser usado como medio filtrante [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador, 2021. pp. 29-36. [Consulta: 3 septiembre 2023]. Disponible en: <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/1382e6c6-fa8e-4f10-97a7-4038594bf622/content>.

**MEDINA, D. y ALVARADO, L.** Electroadsorción de metales pesados por carbón activado. *Revista Geomimet*. [En línea] 2019. [Consulta: 23 septiembre 2023]. Disponible en: <https://www.revistageomimet.mx/2019/05/electroadsorcion-de-metales-pesados-por-carbon-activado/>.

**Mendoza, S and Avila, D.** Boletín Científico de las Ciencias Económico Administrativas del ICEA. *Técnicas e instrumentos de recolección de datos. Boletín científico de las ciencias económico administrativas del ICEA*. [Online] 2020. [Consulta: 11 abril 2023]. Disponible en: <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/icea/article/view/6019>.

**MORENO, A.; RÍOS, J.; FLORES, S.** Carbón activado: generalidades y aplicaciones. *CienciAcierta* [en línea], 2021, [México], 4(1), pp. 1-10. [Consulta: 23 septiembre 2023]. Disponible en: <http://www.cienciacierta.uadec.mx/articulos/CC66/carbonactivado.pdf>.

**NEME, I., GONFA, G., y MASI, C.** Activated carbon from biomass precursors using phosphoric acid: A review. *Heliyon* [en línea], 2022, 8(12). [Consulta: 23 septiembre 2023]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9720030/>

**NOVAAGRO.** COCO, COCOS NUCIFERA / PALMAE. *Frutas y Hortalizas*. [En línea] 2023. [Consulta: 15 septiembre 2023]. Disponible en: [https://www.frutas-hortalizas.com/Frutas/Presentacion-Coco.html#:~:text=El%20coco%20\(Cocos%20nucifera%20L,de%20color%20marr%C3%B3n%20y%20peluda.](https://www.frutas-hortalizas.com/Frutas/Presentacion-Coco.html#:~:text=El%20coco%20(Cocos%20nucifera%20L,de%20color%20marr%C3%B3n%20y%20peluda.)

**OBREGÓN, D., & SUN, R.** Comparative cadmium adsorption study on activated carbon prepared from aguaje (*Mauritia flexuosa*) and olive fruit stones (*Olea europaea* L.). *J Environ Chem Eng* [en línea], 2014, 2, pp. 2280–2288. [Consulta: 4 abril 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2014.10.004>

**OTZEN, Tamara; MANTEROLA, Carlos.** Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *International journal of morphology* [en línea], 2017, [Chile], 35(1), pp. 227-232. [Consulta: 4 abril 2023]. Disponible en: [https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-95022017000100037&script=sci\\_arttext&tIng=pt](https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-95022017000100037&script=sci_arttext&tIng=pt).

**OVIEDO, A y VINUEZA, J.** Estudio De Caracterización Físicoquímica De Residuos Lignocelulósicos Y Sus Usos, Una Revisión. *RESERCHGATE*. [En línea] 2020. [Consulta: 4 abril 2023]. Disponible en: <https://acortar.link/VIMPGc>.

**PABÓN, S., et al.** Contaminación del agua por metales pesados, métodos de análisis y tecnologías de remoción. Una revisión. *Entre Ciencia e Ingeniería* [en línea], 2020, [Colombia], 14(27), pp. 9-18. [Consulta: 20 abril 2023]. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1909-83672020000100009&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1909-83672020000100009&script=sci_arttext).

**REYES NAVARRETE, María Guadalupe, et al.** Metales pesados: importancia y análisis [En línea] (Trabajo de investigación). Instituto Politécnico Nacional, Mexico. 2012. pp. 3-5. [Consulta: 23 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.repositoriodigital.ipn.mx/handle/123456789/8815>.

**Romero, F. 2019.** Influencia del grado de molienda de la aceituna sobre el rendimiento del proceso de elaboración del aceite de oliva virgen. *Universidad de Jaén*. [Online] 2019. [Consulta: 23 septiembre 2023]. Disponible en: <https://crea.ujaen.es/handle/10953.1/9247>.

**SAEED, Anwar Hezam; HARUN, Noorfidza Yub; ZULFANI, Neisha.** Heavy Metals Capture from Water Sludge by Kenaf Fibre Activated Carbon in Batch Adsorption. *Journal of Ecological Engineering* [en línea], 2020, [Polonia], 21(6), pp. 102-115. [Consulta: 23 noviembre 2023]. Disponible en: <https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-c56787f2-f81b-4696-8e4c-2774b1868d34>.

**SHOLPAN, U., et al.** Dechlorination and Iron Extraction from Drinking Water by Fruit Pit Shell Activated Carbon. *Biosciences, Biotechnology Research Asia* [en línea], 2017, 13(4), pp. 2077-2084. [Consulta: 23 noviembre 2023]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.13005/bbra/2367>

**Salas, M., Zenaida, C, and Huamaní, J.** Remoción de contaminantes en aguas residuales empleando carbón activado. *ResearchGate*. [Online] 2021. [Consulta: 4 abril 2023]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/357434871\\_REMOCION\\_DE\\_CONTAMINANTES\\_EN\\_AGUAS\\_RESIDUALES\\_EMPLEANDO\\_CARBON\\_ACTIVADO](https://www.researchgate.net/publication/357434871_REMOCION_DE_CONTAMINANTES_EN_AGUAS_RESIDUALES_EMPLEANDO_CARBON_ACTIVADO).

**Scharager, J; Reyes, P.** Pontificia Universidad Católica de Chile. *Muestreo no probabilístico*. [En línea] 2001. [Consulta: 4 abril 2023]. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/138570785/Muestreo-no-probabilistico-pdf>.

**SHARMA, Amita, et al.** A comprehensive review on the heavy metal removal for water remediation by the application of lignocellulosic biomass-derived nanocellulose. *Journal of Polymers and the Environment* [en línea], 2022, [EEUU], 30(1), pp. 1-18. [Consulta: 20 noviembre 2023]. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10924-021-02185-4>.

**VANEGAS LÓPEZ, Geraldine Jasbleidy.** Preparación y caracterización de carbón activado obtenido a partir de residuos textiles de mezclilla [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia, 2021. pp. 5-15. [Consulta: 23 noviembre 2023]. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/81024>.

**VARGAS, Zoila.** La investigación aplicada: una forma de conocer las realidades con evidencia científica. *Revista educación* [en línea], 2009, [Costa Rica], 33(1), pp. 155-165. [Consulta: 4 abril 2023]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/440/44015082010.pdf>.

**VALI, I., et al.** Bamboo and coconut shell based activated carbon: A Raman spectroscopic study. *Materials Chemistry and Physics* [en línea], 2017, 318. [Consulta: 4 abril 2023]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0254058424003651>

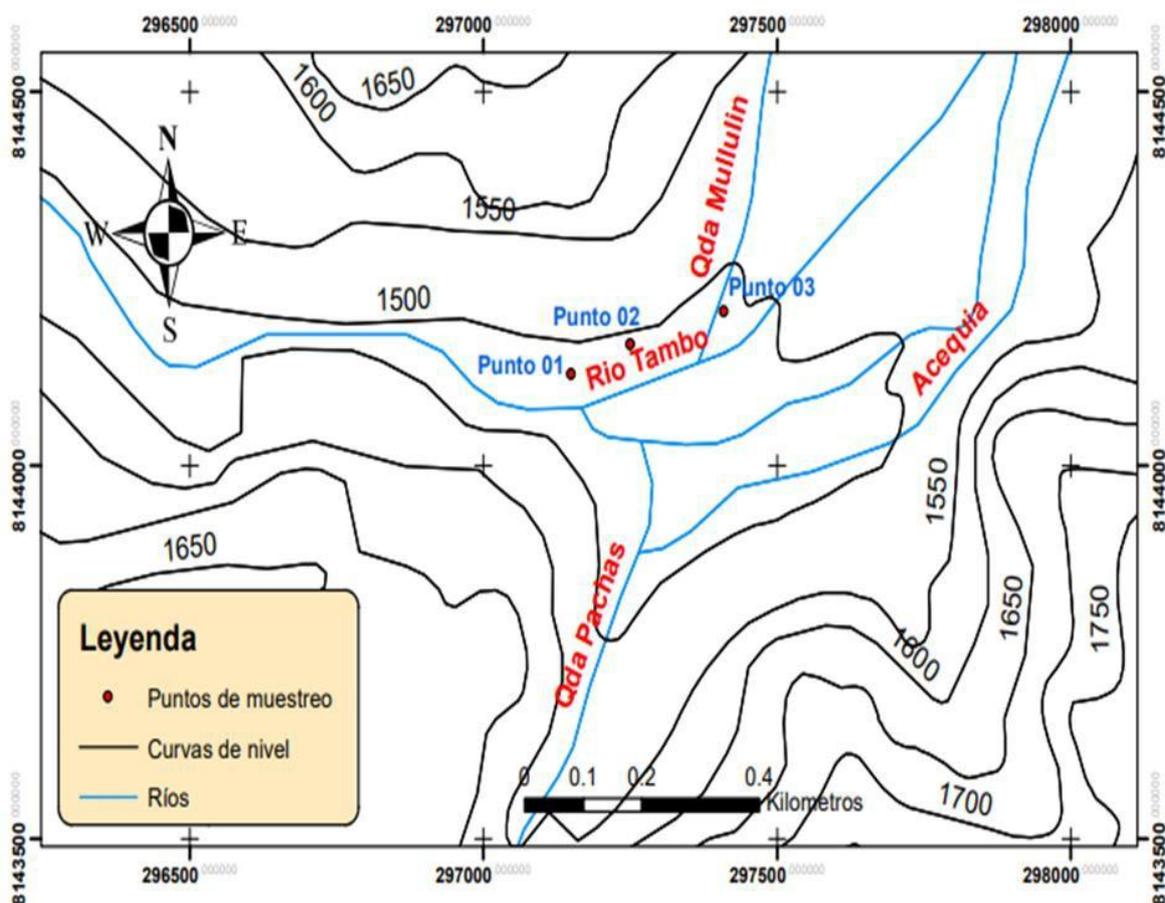
**WULANDARI, N., et al.** Production of activated carbon from palm empty fruit bunch as supercapacitor electrode material. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* [en línea], 2021, [Indonesia], 1143(1), pp. 012004. [Consulta: 23 noviembre 2023]. Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1143/1/012004/meta>.

**YASIN, J.; PRAVINKUMAR, R.** Production of activated carbon from bio-waste materials by chemical activation method. *AIP Conference Proceedings* [en línea], 2020, [India], 2225(1), pp. 1-5. [Consulta: 23 noviembre 2023]. Disponible en: [https://watermark.silverchair.com/070005\\_1\\_online.pdf?token=AQECAHi208BE49Ooan9kKhW\\_Ercy7Dm3ZL\\_9Cf3qfKAc485ysgAABX4wggV6BgkqhkiG9w0BBwagggVrMIIFZWIBADCCBWAGCSqGSib3DQEHATAeBgIghkgBZQMEAS4wEQQMj4S0ssYgsz8b](https://watermark.silverchair.com/070005_1_online.pdf?token=AQECAHi208BE49Ooan9kKhW_Ercy7Dm3ZL_9Cf3qfKAc485ysgAABX4wggV6BgkqhkiG9w0BBwagggVrMIIFZWIBADCCBWAGCSqGSib3DQEHATAeBgIghkgBZQMEAS4wEQQMj4S0ssYgsz8b).

**ZAHRA, S., et al.** (2022). Modification of coconut shell charcoal for metal removal from aqueous solutions. *European Journal of Chemistry* [en línea], 13(3), pp. 259-266. [Consulta: 23 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.eurjchem.com/index.php/eurjchem/article/view/2248>

## ANEXOS

### Anexo 1 Ubicación de los puntos de muestreo



Fuente: Elaboración propia

### Anexo 2 Operacionalización de las variables

OPERALIZACION DE LAS VARIABLES QUE INTERVIENEN EN EL PRESENTE TRABAJO INVESTIGATIVO					
Variables	Concepto	Dimensiones	Indicadores	Técnicas	Instrumento
<b>Variable Independiente:</b>					
Tratamientos con carbón activado	Los tratamientos con carbón activado, son procesos que buscan limpiar o reducir el índice de contaminación	Elaboración de tanques para la puesta en marcha de 4 tratamientos que buscan reducir los valores de	Utilizar un diseño experimental para la creación de tratamientos de agua con carbón activado.	Recolección de los recursos necesarios para la puesta en marcha de los	Resultados de laboratorio

	en distintos recursos naturales.	metales pesados en el recurso hídrico.		tratamientos	
		Calidad de los tratamientos	Calidad en la planificación y diseño	Verificación de la calidad en los procesos precio al tratamiento y dentro del tratamiento .	
		Evaluación de los resultados	Análisis de las muestras con y sin tratamiento	Corroborar la efectividad de los tratamientos	
<b>Variable Dependiente:</b>					
Metales pesados en el recurso hídrico	Los metales pesados son elementos que en altas concentraciones contaminan los recursos naturales como el recurso hídrico	Contaminación de las aguas del río Tambo	Índices de contaminación establecidos	Recolección de muestras de las aguas a tratar.	Resultados de laboratorio
		Tratamientos con carbón activado de distintos tipos.	Valores de reducción de metales pesados	Tratar las aguas contaminadas	

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 3 Proceso

### Recolección de muestras



### Adición de HNO<sub>3</sub> a las muestras de agua



### Recolección y lavado de hueso de aceituna



## Calibrado de balanza



## Pesaje de hueso de aceituna



## Pirólisis de hueso de aceituna



### Pesaje de hueso de aceituna molido



### Preparación de ácido fosfórico al 40%



### Impregnación de ácido Fosfórico en aserrín de aceituna



## Instalación de bombas en la estructura



## Estructura de tratamiento instalada



## Anexo 4 Análisis de laboratorio de los puntos en el Río Tambo



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL – DA  
CON REGISTRO N° LE 003



### INFORME DE ENSAYO N° 2-02579/23

Página 1/4

DATOS DEL CLIENTE	
Cliente	: TAYBELLY SILVASANTIESTEBAN AHUITE
Domicilio legal	: URB. PEDRO HUILLCA K-13 MOQUEGUA
Solicitado por	: QUALITY ENVIRONMENTAL SOLUTIONS CONSULTING SOCIEDAD ANONIMA CERRADA - QUESC S.A.C
DATOS DE LA MUESTRA	
Producto declarado <sup>(A)</sup>	: AGUA SUPERFICIAL
Lugar de Muestreo <sup>(A)</sup>	: RÍO TAMBO – EL YARAL
Fecha de Muestreo <sup>(A)</sup>	: 2023-10-04
Procedencia	: Muestra proporcionada por el solicitante
Cantidad recibida	: 4 muestras x 0.20 Litros
Presentación y condición de recepción	: En Frasco de Plástico, Cerrado, Refrigerado Y Preservado
Identificación y descripción <sup>(A)</sup>	: Según se indica
Fecha de recepción	: 2023-10-05
Fecha de inicio del ensayo	: 2023-10-05,
Fecha de término del ensayo	: 2023-10-06
Ensayo realizado en	: Laboratorio Ambiental Arequipa
Identificado con	: HS 23007847 (EXMA-13201-2023)
Validez del documento	: Este documento es válido solo para la muestra descrita.

Proyecto:				
Puntos de muestreo <sup>(A)</sup>	Coordenadas UTM WGS 84 <sup>(A)</sup>		Descripción de la Estación de Monitoreo	Observaciones <sup>(A)</sup>
	ESTE	NORTE		
P-1	19K0297149	8144122	---	Altitud 1 497 m.s.n.m.
P-2	19K0297250	8144162	---	Altitud 1 494 m.s.n.m.
P-3	19K0297409	8144206	---	Altitud 1 499 m.s.n.m.
P-3 DUPLICADO	19K0297409	8144206	---	Altitud 1 499 m.s.n.m.

<sup>(A)</sup> Datos proporcionados por el solicitante. El laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el solicitante pueda afectar la validez de los resultados

"ME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

INFORME DE ENSAYO N° 2-02579/23

RESULTADOS

Pa'knetro	Limite <L> Oetoc/en	Unid8d	Estac'ltte Muestreo			
			P-1	P-2	P-3	P-3 DUPLICADO
			2023-10-04 10:09	2023-10-04 10:20	2023-10-04 10:35	2023-10-04 10:35
			Agua Natural Superficial	Agua Natural Superficial	Agua Natural Superficial	Agua Natural Superficial
			Resultados	Resultados	Resultados	Resultados
<b>Metales Totales por ICP-MS</b>						
Aluminio (Al)	0,003	mg/l	0,554	0,521	0,457	0,487
Antimonio (Sb)	0,00007	mg/l	0,00698	0,00708	0,00685	0,00711
Arsénico (As)	0,00003	mg/l	0,18294	0,18639	0,18836	0,19185
<b>Bario (Ba)</b>	0,00007	mg/l	0,05678	0,06286	0,06104	0,06450
Berilio (Be)	0,00001	mg/l	<0,00001	<0,00001	<0,00001	<0,00001
Bismuto (Bi)	0,00005	mg/l	<0,00005	<0,00005	<0,00005	<0,00005
Boro (B)	0,002	mg/l	5,38	5,51	5,86	5,99
Cadmio (Cd)	0,00005	mg/l	<0,00005	<0,00005	<0,00005	<0,00005
Calcio (Ca)	0,02	mg/l	127	129	133	133
Cobalto (Co)	0,00004	mg/l	<0,00004	<0,00004	<0,00004	<0,00004
<b>Cobre (Cu)</b>	0,00004	mg/l	0,00954	0,00893	0,00833	0,01093
Cromo (Cr)	0,0003	mg/l	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003
Estalio (Sn)	0,00003	mg/l	<0,00003	<0,00003	<0,00003	<0,00003
Estroncio (Sr)	0,00005	mg/l	1,93	1,98	2,01	2,04
Fósforo (P)	0,02	mg/l	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Hierro (Fe)	0,00009	mg/l	0,50848	0,45353	0,40807	0,43538
Litio (Li)	0,00005	mg/l	0,82170	0,84351	0,85561	0,86676
Magnesio (Mg)	0,002	mg/l	32,3	32,0	33,5	34,1
Manganeso (Mn)	0,00006	mg/l	0,07306	0,06864	0,06211	0,06369
<b>Mercurio (Hg)</b>	0,000003	mg/l	<0,000003	<0,000003	<0,000003	<0,000003
Molibdeno (Mo)	0,00004	mg/l	0,00367	0,00393	0,00384	0,00440
Níquel (Ni)	0,00002	mg/l	0,00180	0,00241	0,00134	0,00144
Plata (Ag)	0,00004	mg/l	<0,00004	<0,00004	<0,00004	<0,00004
Piombo (Pb)	0,00004	mg/l	<0,00004	<0,00004	<0,00004	<0,00004
Potasio (K)	0,02	mg/l	21,1	21,5	22,4	22,3
Selenio ( <b>Se</b> )	0,00006	mg/l	<0,00006	<0,00006	<0,00006	<0,00006
Silicio (Si)	0,05	mg/l	18,4	18,7	18,7	19,4
Sodio (Na)	0,003	mg/l	426	432	454	452
Talio (Tl)	0,00003	mg/l	<0,00003	<0,00003	<0,00003	<0,00003
Telurio (Te)	0,00006	mg/l	<0,00006	<0,00006	<0,00006	<0,00006
Titanio (Ti)	0,0001	mg/l	0,0048	<0,0001	0,0032	0,0037
Uranio (U)	0,00004	mg/l	<0,00004	<0,00004	<0,00004	<0,00004
Vanadio (V)	0,00003	mg/l	0,00331	0,00306	0,00298	0,00321
Wolframio (W)	0,00004	mg/l	0,00256	0,00242	0,00265	0,00268
<b>Zinc (Zn)</b>	0,00004	mg/l	0,01691	0,01210	0,01268	0,01066

## Anexo 5 Análisis de las aguas tratadas



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE - 096



Registro N° LE - 096

### INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-25822

N° Id.: 000093987

#### I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL : Taybelly Silvasantiesteban Ahuite.  
2.-DIRECCIÓN : Urb, Pedro Huillca K-13 Moquegua  
3.-PROYECTO : ANALISIS DE AGUA NATURAL SUPERFICIAL - RIO  
4.-PROCEDENCIA : NO INDICA  
5.-SOLICITANTE : QUALITY ENVIRONMENTAL SOLUTIONS CONSULTING SOCIEDAD ANONIMA CERRADA - QUESC S.A,C  
6.-ORDEN DE SERVICIO N° : 000006164-2023-0000  
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO : NO APLICA  
8.-MUESTREADO POR : MUESTRA Y DATOS PROPORCIONADO POR EL CLIENTE SEGUN CADENA DE CUSTODIA  
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME : 2023-11-17

#### II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO : Agua Natural  
2.-NÚMERO DE MUESTRAS : 12  
3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA : 2023-11-14  
4.-PERÍODO DE ENSAYO : 2023-11-14 al 2023-11-17

Liz Y. Quispe Quispe  
Jefe de Laboratorio  
CIP N° 211662



INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-25822

N° Id.: 0000093987

11. MÉTODOS Y REFERENCIAS

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO
Metales Totales ICP	Método 200.8, Revisión 5A.1. (VALIDADO- Aplicado fuera del alcance: Si, Ca, Ce, Cs, Fe, Ga, Ge, Hf, K, La, U, Lu, Mg, Na, Mn, P, Rb, Si, Sr, Ta, Te, Th, W, Yb, Zn), 2021.	Determination of Trace Elements in Water and Wastewater by Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry.

Los resultados obtenidos corresponden a métodos que han sido acreditados por el INACAL-DA

(\*) El Ensayo no ha sido citado

**INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-25822**

N° Id.: 0000093987

**IV. RESULTADOS**

ITEIA	1	2	3	
CODIGODELABOATORIO	M-23-458	M-23-85458	23-85,60	M-23 5461
CODIGODECLIBITE	TICAA-01	TICAA-02	TIC 03	T2CAA-01
COORDENADAS:	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA
un...t wGS s4:	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA
PRODUCTO	AQuaNatura l	AguaNatutt1l	Agua Na1urb	Agua N:mxal
SUA PRODUCTO	AguaSuperficial ele Aio	Agua Superficial de Aio	AguaSuperficial de Rio	AguaSuperficial de Rio
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA			
FECHA y HORA DE MUESTREO:	13-11-2023 17:00	13-11-2023 17:00	13-11-2023 17:00	13-11-2023 17:00
ENSAYO	UNJ->AD	L.D.IA.	L.C.U.	RESULTADOS
<b>Metales TotalesICP..MS</b>				
Ak.minb (*)	-	0.001	0.003	0.945 0.938 0.945 0.921
Antimonio (*)	-	0.0006	0.0020	0.0123 0.0122 0.0125 0.0124
As (*)	<-	0.0002	0.0010	0.2109 0.2099 0.2104 0.2120
Arifio(...)	-	0.006	0.020	<0.020 <0.020 <0.020 <0.020
Bario (*)	-	0.00008	0.00030	0.10268 0.10481 0.10373 0.10431
Berilio (*)	-	0.0001	0.0000	<0.0003 <0.0003 <0.0003 <0.0003
Bismuto (*)	-	0.003	0.010	<0.010 <0.010 <0.010 <0.010
Cromo (*)	<-	0.0003	0.0010	7.9498 8.0295 8.0451 8.1063
Cobalto (*)	<-	0.0001	0.0002	0.0310 0.0310 0.0321 0.0291
Cadmio (*)	-	0.001	0.004	165.502 169.400 164.969 167.440
Cerio (*)	-	0.003	0.010	<0.010 <0.010 <0.010 <0.010
Cesio (*)	-	0.0001	0.0000	<0.0003 <0.0003 <0.0003 <0.0003
Cobalto (*)	-	0.0005	0.0020	0.002<1 0.0025 0.0023 0.001
Cobalto (*)	<-	0.0001	0.0002	0.072<1 0.0751 0.0715 0.0731
Cromo (*)	<-	0.0001	0.0000	0.4123 0.4158 0.4159 0.4009
Erbio (*)	-	0.0001	0.0000	<0.0003 <0.0003 <0.0000 <0.0003
Estaño (*)	-	0.0003	0.0010	0.6415 0.6006 0.6529 0.6379
Estroncio (*)	-	0.00002	0.00005	2.91424 3.07366 3.1811 2.97219
Europio (*)	-	0.0001	0.0000	<0.0003 <0.0003 <0.0003 <0.0003
Fosforo (*)	<-	0.002	0.006	1562.976 1561.055 1550.477 1509.476
Gadolinio (*)	<-	0.0001	0.0000	<0.0003 <0.0003 <0.0000 <0.0003
Gilicio (*)	-	0.0001	0.0000	<0.0003 <0.0003 <0.0000 <0.0003
Germanio (*)	-	0.0001	0.0000	<0.0003 <0.0003 <0.0003 <0.0003
Hafnio (*)	-	0.0001	0.0000	<0.0003 <0.0003 <0.0003 <0.0003
Hierro (*)	-	0.001	0.002	7.053 6.637 6.921 6.872
Holmio (*)	<-	0.0001	0.0000	<0.0003 <0.0003 <0.0000 <0.0003
Indio (*)	<-	0.0001	0.0000	<0.0003 <0.0003 <0.0000 <0.0003
Iturbio (*)	-	0.0001	0.0000	<0.0003 <0.0003 <0.0000 <0.0003

En los resultados sobre los que corresponde a los métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA. El Ensayo indicado no es de rutina.  
 L.C.M.: Límite de cuantificación del método. <= Menor que el L.C.M.  
 L.O.M.: Límite de detección del método. <- Menor que el L.O.M.

**INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-25822**

N° Id.: 0000093987

ITEIA				1	2	3	4
CÓDIGO DEL LABORATORIO				23-85458	M-2385459	23-85460	M-235461
CÓDIGO DEL CLIENTE				TICAA-01	TICM-(0)2	TICAA-03	T2CAA-Q1
COORDENADAS				NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA
UTM WGS 84				NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA
PRODUCTO				Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural
SUBPRODUCTO				Agua, Sulfato de Río	Agua, plomo de Río	Agua, Sulfato de Río	Agua, Sulfato de Río
INSTRUCTIVO DE MUESTREO				NO APLICA			
FECHA Y HORA DE MUESTREO				13-11-2023 17:00	13-11-2023 17:00	13-11-2023 17:00	13-11-2023 17:00
ENSAYO	UNIDAD	L.O.M.	L.C.M.	RESULTADOS			
Aluminio (*)	"<L	0,0001	0,0000	<0,0003	<0,0003	<0,0000	<0,0003
Lantano (*)	"<L	0,0001	0,0000	<0,0003	<0,0003	<0,0000	<0,0003
Urcio (*)	-	0,00003	0,00010	1,16000	1,21006	1,20876	1,21625
Lutecio (*)	-	0,0001	0,0000	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003
Magnesio (*)	-	0,0006	0,0020	45,4253	43,0749	46,3308	45,3609
Mercurio (*)	-	0,00002	0,00005	0,13735	0,14026	0,13228	0,13358
Molibdeno (*)	-	0,000033	0,000100	<0,000100	<0,000100	<0,000100	<0,000100
Niobio (*)	-	0,0003	0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Neodimio (*)	-	0,0001	0,0000	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003
Niobio (*)	-	0,0001	0,0000	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003
Niquel (*)	-	0,0004	0,0004	0,0125	0,0125	0,0117	0,0123
Plata (*)	-	0,0003	0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Plomo (*)	-	0,0008	0,0010	0,1270	0,1210	0,1272	0,1176
Polonio (*)	-	0,003	0,010	56,321	57,108	55,399	55,007
Praseodimio (*)	-	0,0001	0,0000	<0,0003	<0,0003	<0,0000	<0,0003
Selenio (*)	-	0,0001	0,0000	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003
Rubidio (*)	-	0,0001	0,0000	<0,0003	<0,0003	<0,0000	<0,0003
Safiro (*)	-	0,0001	0,0000	<0,0003	<0,0003	<0,0000	<0,0003
Selenio (*)	-	0,001	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Silicio (*)	-	0,001	0,002	54,995	49,159	54,623	53,11
Silicio (*)	-	0,0002	0,0007	25,6646	22,9408	25,4909	24,9253
Sodio (*)	-	0,0003	0,0010	773,4666	796,0769	800,6981	188,0499
Talio (*)	-	0,0001	0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004
Tantalo (*)	-	0,0001	0,0000	<0,0003	<0,0003	<0,0000	<0,0003
Tungsteno (*)	-	0,0001	0,0000	<0,0003	<0,0003	<0,0000	<0,0003
Titanio (*)	-	0,0003	0,0010	0,1193	0,1210	0,1251	0,1154

Los resultados sobre los corresponden a métodos que han sido acreditados por el INACAL-DA en el Ensayo Indicado no ha sido acreditado.  
 L.C.M.: Límite de Cuantificación del Método. \*<L = Menor que el L.C.M.  
 L.O.M.: Límite de Detección del Método. \*<M = Menor que el L.O.M.

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-25822

N° Id.: 0000093987

ITEM	1	2	3	4
CODIGO DE LABORATORIO	23-85458	M-238545.9	23-85460	23 5461
CODIGO DEL CLIENTE	T1CAA-01	T1CM-Q2	T1CAA-03	T2CAM-1
COORDENADAS	NOAPLICA	NOAPLICA	NOAPLICA	NOAPLICA
UTM WGS 84	NOAPLICA	NOAPLICA	NOAPLICA	NOAPLICA
PRODUCTO	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural
SUSPRODUCTO	Agua Superficial de Río			
INSTRUCTIVO DE MUESTREO	NOAPLICA			
FECHA y HORA DE MUESTREO	13-11-2023 17:00	13-11-2023 17:00	13-11-2023 17:00	13-11-2023 17:00
ENSAYO	UNIDAD	L.O.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Torio (ppm)	<	0,0001	0,0000	<0,0003
Uranio (ppm)	<	0,0001	0,0000	<0,0003
Vanadio (ppm)	<	0,0001	0,0000	<0,0003
Wolframo (ppm)	<	0,0001	0,0000	<0,0003
Zinc (mg/kg)	>	0,0001	0,0002	81,6144
Zinc (ppm)	>	0,0001	0,0000	80,8922
Zinc (ppm)	>	0,0001	0,0000	82,8931
Zinc (ppm)	>	0,0001	0,0000	84,0160
Zinc (ppm)	>	0,0001	0,0000	<0,0003
Zinc (ppm)	>	0,0001	0,0000	<0,0003
Zinc (ppm)	>	0,0001	0,0000	<0,0003
Zinc (ppm)	>	0,0001	0,0000	<0,0003

Los resultados obtenidos corresponden a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

L.C.M.: Límite de cuantificación del método. < = Menor que el L.C.M.  
L.O.M.: Límite de detección del método. < = Menor que el L.O.M.

**INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-25822**

N° Id.: 0000093987

ITEM	5	6	7	8			
CODIGO DEL LABORATORIO	23-85462	M-2385463	23-85464	23 5465			
CODIGO DE CLIENTE	T2CAA-02	T2CM-03	T4CAC 1	==C--UZ			
COORDENADAS	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA			
UTM WGS 84	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA			
PRODUCTO	Aqua Natural	Agua Natural	Aqua Natural	Agua Natural			
SUBPRODUCTO	Agua Superficial de Río						
INSTRUCTIVO DE MUESTREO	NO APLICA						
FECHA Y HORA DE MUESTREO	13-11-2023 17:00	13-11-2023 17:00	13-11-2023 17:00	13-11-2023 17:00			
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.U.	RESULTADOS			
Aluminio (")	mi>^	0.001	0.003	0.9218	0.948	0.008	0.052
Amonio (")	mi>^	0.0006	0.0020	0.0121	0.0127	0.0033	0.0066
As (")	mi>^	0.0002	0.0010	0.2099	0.2155	0.1727	0.1841
AD Jire (")	mi>^	0.006	0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020
Ar (")	mi>^	0.00008	0.00039	0.10119	0.10490	0.11626	0.10287
Ar (")	mi>^	0.0001	0.0000	<0.0003	<0.0003	<0.0000	<0.0003
Bismuto (")	mi>^	0.003	0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Soro (")	mi>^	0.0003	0.0010	8.1287	8.1382	7.7469	6.7145
Cadmio (")	mi>^	0.0001	0.0002	0.0285	0.0294	<0.0002	<0.0002
Calcio (")	mi>^	0.001	0.004	167.758	169.324	117.741	113.529
Cerio (")	mi>^	0.003	0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010
Cosio (")	mi>^	0.0001	0.0000	<0.0003	<0.0003	<0.0000	<0.0003
Cobalto (")	mi>^	0.0005	0.0020	0.0023	0.0025	<0.0002	<0.0020
Cobre (")	mi>^	0.0001	0.0002	0.0717	0.0728	<0.0002	<0.0002
Cromo (")	mi>^	0.0001	0.0000	0.4047	0.4004	<0.0000	<0.0003
Erbio (")	mi>^	0.0001	0.0000	<0.0003	<0.0003	<0.0000	<0.0003
Estadío (")	mi>^	0.0003	0.0010	0.6207	0.5477	<0.0010	<0.0010
Estadío (")	mi>^	0.00002	0.00005	3.04230	3.04422	1.7	1.94158
Europio (")	mi>^	0.0001	0.0000	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Ferrio (")	mi>^	0.002	0.006	1527.172	1547.653	1.330	2.728
Gadolinio (")	mi>^	0.0001	0.0000	<0.0003	<0.0003	<0.0000	<0.0003
Galio (")	mi>^	0.0001	0.0000	<0.0003	<0.0003	<0.0000	<0.0003
Germanio (")	mi>^	0.0001	0.0000	<0.0003	<0.0003	<0.0000	<0.0003
Hafnio (")	mi>^	0.0001	0.0000	<0.0003	<0.0003	<0.0000	<0.0003
Hierro (")	mi>^	0.001	0.002	6.813	6.857	<0.002	<0.002
Hidruro (")	mi>^	0.0001	0.0000	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
Indio (")	mi>^	0.0001	0.0000	<0.0003	<0.0003	<0.0000	<0.0003
Iteblo (")	mi>^	0.0001	0.0000	<0.0003	<0.0003	<0.0000	<0.0003

Este informe de ensayo ha sido acreditado por el INACAL - O.A. S. E. I. E. El límite de detección del método de análisis es de 0.0003 mg/L. L.C.M.: Límite de concentración del método de análisis. L.O.M.: Umbral de detección del método de análisis.

INFORME DE ENSAYO N° : I E-23-25822

N° Id.: 0000093987

ITEM	5	6	7	8			
CODIGO DEL LABORATORIO	23-85462	M-2385463	23-85464	M-23 5465			
CODIGO DEL CLIENTE	T2CAA-02	T2CM-03	T4CAC 1	"C--02			
COORDENADAS:	NOAPLICA	NOAPLICA	NOAPLICA	NOAPLICA			
UTMWGS 84:	NOAPLICA	NOAPLICA	NOAPLICA	NOAPLICA			
PRODUCTO	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural			
SUBPRODUCTO	Agua Superficial de Rio	Agua Superficial de Aio	Agua Superficial de Rio	Agua Superficial de Ax			
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NOAPLICA						
FECHA y HORA DE MUESTREO:	13-11-2023 17:00	13-11-2023 17:00	13-11-2023 17:00	13-11-2023 17:00			
ENSAYO	UNIDAD	L.O.M.	L.C.M.	RESULTADOS			
Aluminio (*)	-	0,0001	0,0000	<0,0003	<0,0003	<0,0000	<0,0003
Lantano (*)	-	0,0001	0,0000	<0,0003	<0,0003	<0,0000	<0,0003
Litio (*)	-	0,00003	0,00010	1,22188	1,22752	0,97924	0,97455
Lutecio (*)	-	0,0001	0,0000	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003
Magnesio (*)	-	0,0006	0,0020	45,3025	46,0640	30,3186	32,2489
Manganeso (*)	-	0,00002	0,00005	0,13379	0,13346	0,00733	0,00273
Mercurio (*)	-	0,000033	0,000100	<0,000100	<0,000100	<0,000100	<0,000100
Molibdeno (*)	-	0,0003	0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Neodimio (*)	1	0,0001	0,0000	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003
Niobio (*)	-	0,0001	0,0000	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003
Niquel (*)	-	0,0001	0,0004	0,0116	0,0119	<0,0004	<0,0004
Pbta (*)	-	0,0003	0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Plomo (*)	-	0,0008	0,0010	0,1117	0,1183	<0,0010	<0,0010
Plata (*)	-	0,003	0,010	56,370	55,6W	24,610	20,647
Praseodimio (*)	-	0,0001	0,0000	<0,0003	<0,0003	<0,0000	<0,0003
Plata (*)	-	0,0001	0,0000	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003
Rubidio (*)	-	0,0001	0,0000	<0,0003	<0,0003	<0,0000	<0,0003
Samario (*)	-	0,0001	0,0000	<0,0003	<0,0003	<0,0000	<0,0003
Selecio (*)	-	0,001	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Silicio (*)	-	0,001	0,002	53,529	55,128	54,883	50,764
Sodio (*)	-	0,0002	0,0007	24,9802	25,7265	25,6119	23,6897
Sodio (*)	-	0,0003	0,0010	783,246	784,007	537,253	59,740
Talio (*)	-	0,0001	0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004
Tin talo (*)	-	0,0001	0,0000	<0,0003	<0,0003	<0,0000	<0,0003
Titanio (*)	-	0,0001	0,0000	<0,0003	<0,0003	<0,0000	<0,0003
Titanio (*)	-	0,0003	0,0010	0,1138	0,1189	0,0772	0,0799

Los resultados obtenidos corresponden a métodos que han sido acreditados por el IN.A.CAL - DA en el ensayo indicado en el presente informe.  
L.C.M.: Límite de cuantificación del método. < = Menor que el L.C.M.  
L.Q.M.: Límite de detección. < = Menor que el L.Q.M.

**INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-25822**

N° Id.: 000093987

ITEM	5	6	7	8
CODIGO DEL LABORATORIO	23-85462	M-2385463	23-85464	M-23 5465
CODIGO DEL CLIENTE	T2CAA-02	T2CM--03	T4CAC 1	T2C--02
COORDENADAS:	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA
UTM WGS 84:	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA
PRODUCTO:	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural
SUBPRODUCTO	Agua Superficial de Río			
INSTRUMENTOS DE MUESTREO:	NO APLICA			
FECHA y HORA DE MUESTREO:	13-11-2023 17:00	13-11-2023 17:00	13-11-2023 17:00	13-11-2023 17:00
ENSAYO	UNIDAD	L.O.IA.	L.C.M.	RESULTADOS
Torio (")	μg/L	0,0001	0,0000	<0,0003
Uranio (")	μg/L	0,0001	0,0000	<0,0003
Vanadio (")	μg/L	0,0001	0,0000	<0,0003
Wolframio (")	μg/L	0,0001	0,0000	<0,0003
Zinc (")	mg/L	0,0001	0,0002	81,8214
Zinc (")	μg/L	0,0001	0,0000	83,5503
Zinc (")	μg/L	0,0001	0,0000	0,0672
Zinc (")	μg/L	0,0001	0,0000	0,0431
Zinc (")	μg/L	0,0001	0,0000	<0,0003

Los resultados obtenidos corresponden a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

L. C.M.: Límite de cuantificación del método. -<= Menor que el L.C.M.  
L. O.M.: Límite de detección del método. -<= Menor que el L.O.M.

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-25822

N° Id.: 0000093987

ITEM		10	11	12
CODIGO LABORATORIO	23-85466	M-2385467	23-85468	23 5469
CODIGO CLIENTE	T3CAC-03	T3CAC-01	T4CAC-02	T4CAC-03
COORDENADAS	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA
UTM WGS 84	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA
PRODUCTO	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural
SUBPRODUCTO	Agua superficial de Río			
INSTRUCTIVO DE MUESTREO	NO APLICA			
FECHA Y HORA DE MUESTREO	13-11-2023 17:00	13-11-2023 17:00	13-11-2023 17:00	13-11-2023 17:00
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.U.	RESULTADOS
<b>Metales Totales ICP-AAS</b>				
Aluminio (*)	-	0.001	0.003	0.015 0.014 0.008 0.007
Antimonio (**)	-	0.0006	0.0020	0.0055 0.0066 0.003 0.0005
As (***))	mg/L	0.0002	0.0010	0.1855 0.1863 0.1804 0.1829
ADJfre (*)	mg/L	0.006	0.020	<0.020 <0.020 <0.020 <0.020
Ekurio (U)	mg/L	0.00008	0.00030	0.10522 0.10301 0.12296 0.12201
Srllio (**)	-	0.0001	0.0000	<0.0003 <0.0003 <0.0000 <0.0003
Bismuto (-)	-	0.003	0.010	<0.010 <0.010 <0.010 <0.010
Soro (>)	-	0.0003	0.0010	6.5491 6.7643 7.9298 7.7946
Cadmio (**)	mg/L	0.0001	0.0002	<0.0002 <0.0002 <0.0002 <0.0002
Celco (l)	mg/L	0.001	0.004	114.324 114.998 119.052 117.990
Ctrion (l)	mg/L	0.003	0.010	<0.010 <0.010 <0.010 <0.010
Cosio (**)	-	0.0001	0.0000	<0.0003 <0.0003 <0.0000 <0.0003
Cobaho (*)	-	0.0005	0.0020	<0.0020 <0.0020 <0.0020 <0.0020
Cobre (l)	-	0.0001	0.0002	<0.0002 <0.0002 <0.0002 <0.0002
Cromo (**)	mg/L	0.0001	0.0000	<0.0003 <0.0003 <0.0000 <0.0003
Erbio (l)	mg/L	0.0001	0.0000	<0.0003 <0.0003 <0.0000 <0.0003
l)	-	0.0003	0.0010	<0.0010 <0.0010 <0.0010 <0.0010
estlonon	-	0.00002	0.00005	1.93424 1.925n 1.90374 1.93917
Europio (l)	mg/L	0.0001	0.0000	<0.0003 <0.0003 <0.0003 <0.0003
Fo&foro (l)	-	0.0001	0.006	2.744 2.785 0.727 0.736
Gadollllo (**)	mg/L	0.0001	0.0000	<0.0003 <0.0003 <0.0000 <0.0003
Gallo (l)	mg/L	0.0001	0.0000	<0.0003 <0.0003 <0.0000 <0.0003
Gernario (**)	mg/L	0.0001	0.0000	<0.0003 <0.0003 <0.0000 <0.0003
Hafnio (**)	-	0.0001	0.0000	<0.0003 <0.0003 <0.0000 <0.0003
Hierro (-)	-	0.001	0.002	<0.002 <0.002 <0.002 <0.002
HolrrO (l)	-	0.0001	0.0000	<0.0003 <0.0003 <0.0003 <0.0003
Indio (**)	mg/L	0.0001	0.0000	<0.0003 <0.0003 <0.0000 <0.0003
lterblo (l)	mg/L	0.0001	0.0000	<0.0003 <0.0003 <0.0000 <0.0003

Los resultados se corresponden a los datos de la muestra de agua natural de río.

El ensayo indicado no ha sido acreditado.

L.C.M.: Límite de Cuantificación del Método de Análisis. Menor que el L.C.M.

L.O.M.: Límite de Detección del método. Menor que el L.O.M.

**INFO RME DE ENSAYO N°: IE-23-25822**

N° Id.: 0000093987

ITEIA		10	11	12			
CODIGODELABORATORIO		23-85466	M-23-85467	M-23-85468			
CODIGO DEL CLIENTE		T3CAC-03	T3CAC-01	T4CAC-02			
COORDENADAS		NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA			
UTMWGS 84		NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA			
PRODUCTO		Aqua Natural	Aqua Natural	Aqua Natural			
SUBPRODUCTO		Agua, Sulfato de Calcio de Rio	Agua, Sulfato de Calcio de Rio	Agua, Sulfato de Calcio de Rio			
INSTRUCTIVO DE MUESTREO		NO APLICA					
FECHA y HORA DE MUESTREO		13-11-2023 17:00	13-11-2023 17:00	13-11-2023 17:00			
ENSAYO	UNIDAD	L.O.M.	L.C.M.	RESULTADOS			
Aluminio (Al)	mg/l	0,0001	0,0000	<0,0003	<0,0003	<0,0000	<0,0003
Lantano (La)	mg/l	0,0001	0,0000	<0,0003	<0,0003	<0,0000	<0,0003
Cerio (Ce)	mg/l	0,0003	0,0010	0,96500	0,97715	0,96815	0,96682
Lutecio (Lu)	mg/l	0,0001	0,0000	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003
Magnesio (Mg)	mg/l	0,0006	0,0020	32,2139	32,1947	30,8016	30,9019
Manganeso (Mn)	mg/l	0,0002	0,0005	0,00240	0,00245	0,00693	0,00695
Mercurio (Hg)	mg/l	0,000033	0,000100	<0,000100	<0,000100	<0,000100	<0,000100
Molibdeno (Mo)	mg/l	0,0003	0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Neodimio (Nd)	mg/l	0,0001	0,0000	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003
Niobio (Nb)	mg/l	0,0001	0,0000	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003
Niquel (Ni)	mg/l	0,0004	0,0010	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004
Plata (Ag)	mg/l	0,0003	0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Plomo (Pb)	mg/l	0,0008	0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Polonio (Po)	mg/l	0,003	0,010	2,7117	2,7043	2,4838	25,000
Praseodimio (Pr)	mg/l	0,0001	0,0000	<0,0003	<0,0003	<0,0000	<0,0003
Selenio (Se)	mg/l	0,0001	0,0000	<0,0003	<0,0003	<0,0000	<0,0003
Rubidio (Rb)	mg/l	0,0001	0,0000	<0,0003	<0,0003	<0,0000	<0,0003
Samaritio (Sm)	mg/l	0,0001	0,0000	<0,0003	<0,0003	<0,0000	<0,0003
Selenio (Se)	mg/l	0,001	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Sulfuro (S)	mg/l	0,001	0,002	51,730	52,993	57,591	56,215
Silicio (Si)	mg/l	0,0002	0,0007	24,1408	24,6788	26,8756	26,2339
Sodio (Na)	mg/l	0,0003	0,0010	546,8550	550,7674	555,9042	551,5783
Talio (Tl)	mg/l	0,0001	0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004	<0,0004
Tantalo (Ta)	mg/l	0,0001	0,0000	<0,0003	<0,0003	<0,0000	<0,0003
Torio (Th)	mg/l	0,0001	0,0000	<0,0003	<0,0003	<0,0000	<0,0003
Titanio (Ti)	mg/l	0,0003	0,0010	0,0752	0,0785	0,0793	0,0844

Los resultados obtenidos corresponden a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA en el ensayo indicado o no acreditado.  
L.C.M.: Límite de Cuantificación del Método. \* <= Menor que el L.C.M.  
L.O.M.: Límite de Detección del Método. \* <= Menor que el L.O.M.

INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-25822

N° Id.: 000093987

ITEM	10	11	12				
CODIGO DEL LABORATORIO	23-85466	M-23-85467	23-85468	M-23-85469			
CODIGO DEL CLIENTE	T3CAC-03	T4CAC-01	T4CAC-02	T4CAC-03			
COORDENADAS	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA			
UTM WGS 84	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA			
PRODUCTO	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural			
USO PRODUCTO	Agua Superficial de Río						
INSTRUMENTO DE MUESTREO	NO APLICA						
FECHA Y HORA DE MUESTREO	13-11-2023 17:00	13-11-2023 17:00	13-11-2023 17:00	13-11-2023 17:00			
ENSAYO	UNIDAD	L.O.M.	L.C.M.	RESULTADOS			
Torio (")	"	0,0001	0,0000	<0,0003	<0,0003	<0,0000	<0,0003
Uranio (")	"	0,0001	0,0000	<0,0003	<0,0003	<0,0000	<0,0003
Vanadio (")	"	0,0001	0,0000	<0,0003	<0,0003	<0,0000	<0,0003
Wolframo (")	"	0,0001	0,0000	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003
Zinc (")	"	0,0001	0,0001	0,0406	0,0390	0,0366	0,0084
Zinc (")	"	0,0001	0,0000	<0,0003	<0,0003	<0,0003	<0,0003

Los resultados obtenidos corresponden a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

L.C.M.: Límite de cuantificación del método. -< = Menor que el L.C.M.  
L.O.M.: Límite de detección del método. -< = Menor que el L.O.M.

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

## Anexo 6 Análisis de laboratorio resultados significativos

	<b>LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 096</b>	 D.A. - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado Registro N° LE - 096
---	---	---

---

### INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-28632

N° Id.: 0000096797

**I. DATOS DEL SERVICIO**

---

1.-RAZON SOCIAL	: Taybelly Silvasantesteban Ahuile.
2.-DIRECCIÓN	: Urb. Pedro Huilica K-13 Moquegua
3.-PROYECTO	: ANALISIS DE AGUA NATURAL SUPERFICIAL - RIO
4.-PROCEDENCIA	: NO INDICA
5.-SOLICITANTE	: QUALITY ENVIRONMENTAL SOLUTIONS CONSULTING SOCIEDAD ANONIMA CERRADA - QUESC S.A.C
6.-ORDEN DE SERVICIO N°	: 000006774-2023-0000
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	: NO APLICA
8.-MUESTREADO POR	: MUESTRA Y DATOS PROPORCIONADO POR EL CLIENTE SEGUN CADENA DE CUSTODIA
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME	: 2023-12-12

**II. DATOS DE ITEMS DE ENSAYO**

---

1.-PRODUCTO	: Agua Natural
2.-NÚMERO DE MUESTRAS	: 3
3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA	: 2023-12-06
4.-PERÍODO DE ENSAYO	: 2023-12-06 al 2023-12-12

  
**Liz Y. Quispe Quispe**  
**Jefe de Laboratorio**  
CIP N° 211662



Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R. L. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.  
Su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales en la materia.

<b>SEDE PRINCIPAL</b> Av. Guardia Chalaca N° 1877, Belavista - Callao Telf.: (+01) 713 0756 Cel.: 977 516 675 / 940 598 572	<b>SEDE ZARUMILLA</b> Prolongación Zarumilla Mz. D2 Ll. 3, Belavista - Callao Telf.: (+01) 713 0636 Cel.: 937 111 379 / 940 598 572	<b>SEDE AREQUIPA</b> COOP SIDSUR Mz E Ll. 9, Arequipa Telf.: (+054) 616 843 Cel.: 932 646 642 / 940 598 572	<b>SEDE PIURA</b> Urb. Miraflores Mz. G Ll. 17, Castilla - Piura Telf.: (+073) 542 835 Cel.: 919 475 133 / 940 598 572
---	---	---	--

Pag. 1 de 5

[www.alab.com.pe](http://www.alab.com.pe)



INFORME DE ENSAYO N°: IE-23-28632

IV. RESULTADOS

N° Id 0000096197

EMIAYO	UNMAO	I.O.M.	L.C.M.	Ret ULTAOot		
Mela!H Totu.,ICP.fdt						
A.lummo (-)	mg/L	0.001	0.003	1.521	1.661	
MI (-)	mg/L		0.0111	0.5	25.14	
M en l con	mg/L	0.0002	0.0010	0.1191	0.1311	0.141
ll (j)	mg/L	*	0.020	<1.020	<0.000	<1.020
&viti")	mg/L	0.00008	0.0003	0.00510	0.00540	
8 liliio (l)	mg/L	0.000	0.0003	0.0003	0.0003	<0.003
Gemito (J)	mg/L	0.003	0.010	1.010	0.010	<0.010
Soro (-)	mg/L	*	0.0010	1598		
Cil c'fimin")	mg/L	*	0.0012	0.0012	0.0002	<0.001
oon	mg/L	0.001	0.002	12.809	119.1m	122.8
eenol >	mg/L	0.003	0.010	<1.010	0.010	<1.010
Cilic")	mg/L	*	0.0011	<0.001	0.001	<0.001
ca l i :mon	mg/L	0.005	0.020	0.020	0.020	<0.020
c<r,e l	mg/L	0.0001	0.0002	0.001	0.0114	0.015
(>,(tt,o")	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.000	<0.0003
Et llin")	mg/L	*	0.0011	<0.001	0.001	<0.001
ESW.Or">	mg/L	0.000	0.000	<0.000	<0.000	<0.0010
E:Wom,of J	mg/L	0.00002	0.00006	0.00006	1.90400	
Eurl(lin")	mg/L	*	0.0011	<0.001	0.001	<0.001
F tno"l	mg/L	0.002	0.006	0.006	0.078	0.078
G:cdino(">	mg/L	0.0001	0.0001	<0.0001	<0.0003	<0.0001
Gt,oe"	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.000	<0.0003
ol (-)	mg/L	*	0.0011	<0.001	0.001	<0.001
Hain lo r)	mg/L	0.0001	0.0001	<0.0001	<0.0003	<0.0001
H o (l)	mg/L	0.001	0.002	1.729	1.135	
H m: l)	mg/L	*	0.0011	<0.001	0.001	<0.001
on	mg/L	0.000	0.0003	<0.0003	0.0003	<0.003
on	mg/L	0.0001	0.0001	<0.0001	<0.0003	<0.0001

El presente informe es válido para el uso de los datos de los ensayos realizados en el laboratorio INACAL • OACOI. El presente informe no es válido para el uso de los datos de los ensayos realizados en otros laboratorios. El presente informe no es válido para el uso de los datos de los ensayos realizados en otros laboratorios. El presente informe no es válido para el uso de los datos de los ensayos realizados en otros laboratorios.

<p><b>9 SEDE PRINCIPAL</b>                  9 SEDE PRINCIPAL                  Calle: 9715 f (161SHM0598572)</p>	<p><b>9 SEDEZA RUMILLA</b>                  9 SEDEZA RUMILLA                  Cel.: 937111379(940 5.98572)</p>	<p><b>9 SEDE AREQUIPA</b>                  9 SEDE AREQUIPA                  Cel.: 932 6-6642/940598572</p>	<p><b>9 SEDE PIURA</b>                  9 SEDE PIURA                  Cel.: 919 4t5 1331940598572</p>
---	--	--	---





LABORATORIO DE EN SAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACION INACAL - O.A. CON REGISTRO N° LE - 05'



INFORME DE EN SAYO N°: IE-23-28632

N° Id- 0000011111

COODIGO DE LABORATORIO	M-23-III11111	IR-23-911100	M-23-93001
CÓDIGO DE CLIENTE	RT-01	R.T.02	RT-03
UTILIZACION	NO APLICACION	NO APLICACION	NO APLICACION
PRODUCTO	NM .it 41	AgueN.aiur;it	AqJIN:ilur.a1
SUB PRODUCTO	&oci,,r d-,Rio	Ay(1Sv rfi(,1 Riil,	&oci,,r,r,qj,td., Rio
INS TRU(, I11(O)MUESTRAS			NO APLICACION
FECHA DE EMISIÓN	06-12-2023 0500	06-12-2023	06-12-2023

EMISIÓN	UNIDAD	L.C.M.	L.C.M.	Ret Ut. TAOOT	Ret Ut. TAOOT	Ret Ut. TAOOT
(Ton) (%)	mg/L	0,0001	0,0003	<1,0003	<0,0000	<0,0003
V. (ni(t))	mg/L	0,0001	0,0003	<1,0003	<0,0000	<1,0003
V. (ni(t)) (%)	mg/L	0,0001	0,0003	<1,0003	<0,0000	<1,0003
Worr:imlor->	m,n.	0,0001	0,0003	<0,0003	<0,0000	<0,0003
Z, f>	m,<	0,0001	0,0002	0,0218	0,0584	0,0211
( )	mg<	0,0001	0,0002	<0,0002	0,0014	<0,0002

Los resultados obtenidos corresponden a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

L.C.M. Lm1wld t:uJWfrotMti(fdfllr-dfM.),.;:;M Mt I11L1C-M.  
t.CM Lm1!4Ck1CkKC C'a <k111 ;e MchQtq.ioct LD .JrJ

V. O B SER V A C I O N E S

Los resultados se aplican a la muestra que se recibió.

El presente informe es propiedad de MUESTIGOS S.A. y no debe ser utilizado para fines ajenos a los que fue emitido. Este informe es válido por un periodo de 12 meses desde la fecha de emisión. El presente informe es válido por un periodo de 12 meses desde la fecha de emisión.

FIN DE DOCUMENTO"

<p><b>9 SEDE PRINCIPAL</b>          Av. G. García de la Huerta 1111          Belén - Lima 1          Tel.: (+51) 1 411 13 11          Cel.: 9715 1161 SHM0598572</p>	<p><b>9 SEDE ZARVILLA</b>          Pro10ngoc'.611Ztl1Vmi1.-iMz.02U.,3,          Be Pavl /118•CHlao          Tel: (+51) 1 411 13 11          Cel.: 937111379(9-10) 5.98572</p>	<p><b>9 SEDE A REQ VIP A</b>          COOPSOSURM T EL19,          Av. C. J. P. A.          Tel.: (+51) 1 411 13 11          Cel.: 932 6-'S6" 2H'40598 572</p>	<p><b>9 SEDE PIURA:</b>          U1b.Mi aflo-es Mt. G U. 17,          Ciu 11ra . Pil.fff          Tel.: (+51) 03) 54233          Cel.: 919 -1t\$ 133194-0598572</p>
--	---	---	---

## Anexo 7 Comprobación de la hipótesis con t de student

Prueba t para el tratamiento 1 y 2 del Cobre			Prueba t para el tratamiento 1 y 2 del Hierro		
Prueba t para medias de dos muestras emparejadas			Prueba t para medias de dos muestras emparejadas		
	Variable 1	Variable 2		Variable 1	Variable 2
Media	0.0177	0.072765	Media	1.77633	6.85883
Varianza	0	1.1045E-07	Varianza	0	0.0002645
Observaciones	2	2	Observaciones	2	2
Coefficiente de correlación de Pearson	#¡DIV/0!		Coefficiente de correlación de Pearson	#¡DIV/0!	
Diferencia hipotética de las medias	0		Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	1		Grados de libertad	1	
Estadístico t	-234.3191489		Estadístico t	-441.956522	
P(T<=t) una cola	0.001358438		P(T<=t) una cola	0.00072023	
Valor crítico de t (una cola)	6.313751515		Valor crítico de t (una cola)	6.31375151	
P(T<=t) dos colas	0.002716875		P(T<=t) dos colas	0.00144046	
Valor crítico de t (dos colas)	12.70620474		Valor crítico de t (dos colas)	12.7062047	
Prueba t para el tratamiento 3 y 4 del Cobre			Prueba t para el tratamiento 3 y 4 del Hierro		
Prueba t para medias de dos muestras emparejadas			Prueba t para medias de dos muestras emparejadas		
	Variable 1	Variable 2		Variable 1	Variable 2
Media	0.0177	0.00015	Media	1.77633	0.0015
Varianza	0	5E-09	Varianza	0	0.0000005
Observaciones	2	2	Observaciones	2	2
Coefficiente de correlación de Pearson	#¡DIV/0!		Coefficiente de correlación de Pearson	#¡DIV/0!	
Diferencia hipotética de las medias	0		Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	1		Grados de libertad	1	
Estadístico t	351		Estadístico t	3549.66	
P(T<=t) una cola	0.000906863		P(T<=t) una cola	8.9673E-05	
Valor crítico de t (una cola)	6.313751515		Valor crítico de t (una cola)	6.31375151	
P(T<=t) dos colas	0.001813727		P(T<=t) dos colas	0.00017935	
Valor crítico de t (dos colas)	12.70620474		Valor crítico de t (dos colas)	12.7062047	

Hipótesis	Muestras 1		Muestra 2	
Hipótesis 1	Muestras 1	<	Muestra 2	No funciona el tratamiento
Hipótesis 2	Muestras 1	>	Muestra 2	Funciona el tratamiento
	Estadístico t		Valor crítico de t	
Tratamiento 1	-234.319	<	6.313	No funciona el tratamiento
Tratamiento 2	-442.978	<	6.313	No funciona el tratamiento
Tratamiento 3	351	>	6.3137	Funciona el tratamiento
Tratamiento 4	3549.66	>	6.3137	Funciona el tratamiento