



**Universidad César Vallejo**

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

**Efecto de la granulometría y dosis de cáscara de naranja en  
la remoción de metales pesados del río Coralaque, 2022.**

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

**AUTORES:**

Asencio Mamani, Joel Alexander ([orcid.org/0000-0002-9811-369X](https://orcid.org/0000-0002-9811-369X))

Ramos Paredes, Alfonso ([orcid.org/0000-0003-3856-2028](https://orcid.org/0000-0003-3856-2028))

**ASESOR:**

Dr. Quezada Alvarez, Medardo Alberto ([orcid.org/0000-0002-0215-5175](https://orcid.org/0000-0002-0215-5175))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Calidad y gestión de los recursos naturales

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA – PERÚ

2023

## **Dedicatoria**

*Dedico con todo mi corazón mi tesis a mi padre y madre, pues sin ellos no lo hubiera logrado. Me formaron con reglas y con algunas libertades, pero al final de cuentas, me motivaron constantemente para alcanzar mis anhelos.*

**Joel Alexander Asencio Mamani**

*Esta dedicatoria va para mi familia en especial a mis padres, Isidro y Cecilia quienes fueron mi mayor fortaleza para culminar mi carrera*

**Alfonso Ramos Paredes**

## **Agradecimiento**

*Agradecemos a Dios divino creador por guiar nuestro camino y brindarnos una buena salud.*

*A Dr. Quezada Alvarez Medardo Alberto, por su bondadosa labor en la orientación para lograr culminar el presente trabajo de investigación.*

## Índice de contenidos

Carátula .....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos .....	iv
Índice de tablas .....	v
Índice de figuras .....	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
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 (criterios de selección), muestra, muestreo y unidad de análisis... ..	14
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	14
3.5. Procedimientos .....	14
3.6. Método de análisis de datos.....	16
3.7. Aspectos éticos .....	16
IV. RESULTADOS .....	17
V. DISCUSIÓN.....	26
VI. CONCLUSIONES.....	30
VII. RECOMENDACIONES .....	31
REFERENCIAS.....	32
ANEXOS .....	39

## Índice de tablas

Tabla 1. Composición de la cascara de naranja (%) .....	8
Tabla 2. Estándares de calidad ambiental en relación con los metales pesados. 10	
Tabla 3. Diseño preexperimental.....	12
Tabla 4. Matriz de experimentación .....	13
Tabla 5. Eficiencia del tratamiento en la remoción de plomo (%).....	18
Tabla 6. Prueba de múltiples rangos para remoción por tratamiento .....	20
Tabla 7. Análisis de varianza para remoción de plomo por dosis.....	21
Tabla 8. Prueba de múltiples rangos para remoción por dosis.....	21
Tabla 9. Eficiencia del tratamiento en la remoción de arsénico (%) .....	22
Tabla 10. Prueba de múltiples rangos para remoción por tratamiento .....	23
Tabla 11. Análisis de varianza para remoción de arsénico por dosis.....	24
Tabla 12. Prueba de múltiples rangos para remoción por dosis.....	25
Tabla 13. Comparación de concentraciones en relación con el ECA.....	25

## Índice de figuras

Figura 1. Ubicación de los puntos de muestreo .....	15
Figura 2. Niveles de concentración de plomo.....	17
Figura 3. Niveles de concentraciones de arsénico .....	18
Figura 4. Prueba de normalidad para datos del tratamiento de plomo.....	19
Figura 5. Representación de ANOVA para remoción de plomo .....	19
Figura 6. Prueba de normalidad para datos de tratamiento de arsénico.....	22
Figura 7. Representación de ANOVA para remoción de arsénico .....	23

## Resumen

La investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de la granulometría y dosis de cáscara de naranja en la remoción de metales pesados del río Coralaque mediante una metodología de tipo aplicada con nivel descriptivo y diseño experimental, donde se observó a un grupo antes y después de la aplicación de tratamientos con diferentes tamaños de granulometría en 0.10 y 0.15 mm, asimismo varias dosis de 4, 6 y 8 gramos efectuando un diseño factorial de 2x3 porque se estudió un factor con dos niveles y otra con tres niveles. Además se aplicó un análisis estadístico mediante estadística de ANOVA experimental multifactorial, análisis de varianza y prueba de múltiples rangos. Los resultados revelaron que los tratamientos experimentales T2 y T6 fueron mejores debido a que presentaron las mayores remociones en 66.25% y 88.77% para plomo y arsénico respectivamente. Se concluye que las mejores dosis evaluadas que permiten reducir Pb y As son 4 y 8 gramos de cáscara de naranja respectivamente. Asimismo, en el caso de granulometría de 0.15 mm fue más eficiente para la reducción de ambos parámetros. Sin embargo, solo plomo se encontró dentro de los rangos ECA-agua, mientras que, para arsénico los valores obtenidos luego del tratamiento óptimo de 1.62 mg/L exceden los rangos ECA-agua que establece un valor de 0.05 mg/L.

**Palabras clave:** remoción, metales, plomo, arsénico, naranja.

## **Abstract**

The aim of the research was to evaluate the effect of granulometry and orange peel doses on the removal of heavy metals from the Coralque River using a descriptive and experimental design type methodology, where a group was observed before and after the application of treatments with different particle size sizes in 0.10 and 0.15 mm, also several doses of 4, 6 and 8 grams effecting a factor design of 2x3 because a factor with two levels and another with three levels was studied. In addition, a statistical analysis was applied using experimental multifactorial ANOVA statistics, variance analysis and multiple range testing. The results revealed that the experimental treatments T2 and T6 were better because they presented the greatest remotions in 66.25% and 88.77% for lead and arsenic respectively. It is concluded that the best doses evaluated to reduce Pb and As are 4 and 8 grams of orange peel respectively. Also, in the case of 0.15 mm particle size distribution was more efficient for the reduction of both parameters. However, only lead was found within the ECA-water ranges, while for arsenic the values obtained after optimal treatment of 1.62 mg/L exceed the ECA-water ranges that establishes a value of 0.05 mg/L.

**Keywords:** removal, metals, lead, arsenic, orange.



## I. INTRODUCCIÓN

La contaminación a causa de los metales pesados en los ecosistemas acuáticos es una situación preocupante en todo el mundo, debido a la toxicidad de los metales y sus efectos letales sobre los organismos acuáticos (Karaouzas et al., 2020, p. 2), los cuales son más vulnerables a la contaminación debido a la acción antropogénica, es así que la contaminación por metales ha estado ocurriendo durante siglos, y en la última década se ha incrementado rápidamente debido a la tecnología (Pacle et al., 2018, p. 5).

En ese contexto la contaminación hídrica viene amenazando la salud de la humanidad y el sistema biológico, es por eso que la mayoría de los metales no son biodegradables y pueden ser cancerígenos, por lo tanto, la presencia de estos metales en el agua puede causar problemas básicos de bienestar para las formas de vida (Qasem et al., 2021, p. 2). Además, la contaminación causada por metales pesados se considera un riesgo grave para el medio ambiente debido a su naturaleza crónica, toxicidad, no biodegradabilidad y bioacumulación.

La Agencia de Protección Ambiental (EPA) precisa que el límite de plomo es 0,05 mg/L., mientras que la Organización Mundial de la Salud (OMS), establece límites de 0,01 ppm (Kinuthia et al. 2020, p. 14). Se han observado efectos como aumento de la presión arterial, hemoglobina baja, función renal anormal, daño renal y función cerebral anormal a niveles de plomo en sangre entre 10 y 60 µg/dl en adultos y niños, incluso convulsiones y muerte en niveles de 100-120 µg/dl en adultos y 70-100 µg/dl en niños (Consejo Nacional de Salud e Investigación Médica 2018, p. 2).

En el caso de arsénico, las organizaciones de EPA y OMS establecen un límite de 10 µg/l, puesto que en niveles de 10-50 µg/l podrían ocasionar entre 24 000 y 19 000 muertes de adultos al año respectivamente (Fisher et al. 2017, p. 2). Además, la exposición prolongada conlleva a enfermedades cardiovasculares, hiperqueratosis, trastornos nerviosos, circulatorios, vasculares, hepáticos y renales, asimismo el arsénico es genotóxico que impide la reparación del ADN dañado, por lo tanto, es una sustancia cancerígena (Fatoki y Badmus 2022, p. 17).

La alta toxicidad y no biodegradabilidad de los metales pesados causan una serie de problemas insalubres y medioambientales, por lo que, la concentración de los

contaminantes en los efluentes debe controlarse para cumplir con los estándares de calidad del agua (Pabón et al. 2020, p.1). Sin embargo, en Latinoamérica, la gestión de las aguas con metales tóxicos comprende grandes desafíos para lograr un estado sostenible (Abello et al., 2020, p. 194). Del mismo modo, el Perú presenta aguas contaminadas por metales producto de la explotación minera y derrames petroleros, especialmente en las regiones sur del territorio (Abad et al., 2020, p. 42).

Por lo tanto, diversos estudios se han centrado en desarrollar metodologías modernas para disminuir metales en los efluentes, incluyendo la precipitación, oxidación, filtración, tratamiento electroquímico, entre otros. Sin embargo, estos métodos tienen desventajas relacionadas con altos costos de implementación, especialmente cuando los metales están presentes en bajas concentraciones y disueltos en una gran cantidad de agua (Moronkola et al., 2017, p. 2).

Por otro lado, la técnica de adsorción se considera significativamente superior debido a que presenta menos limitaciones respecto a la facilidad de operación, el diseño simple, la reducción de los costos de producción y la poca generación de lodos en comparación con las estrategias convencionales (Molaudzi y Ambushe, 2022, p. 12). Además, permite la posibilidad de utilizar adsorbentes naturales con abundante disponibilidad y amigables con el ambiente (Moronkola et al., 2017, p. 2).

Los residuos agrícolas tienen la constitución de lignina, celulosa e hidrocarburos, junto con otros grupos funcionales que potencian la capacidad de adsorción, por lo tanto, se pueden usar directamente a través de un lavado y trituración previo a la tamización hasta obtener el tamaño de partícula deseable a emplear en los ensayos (Hussain et al. 2021, p. 8). No obstante, la eficiencia de adsorbente depende de la gran área superficial y polaridad, buena distribución del tamaño de poro y los grupos funcionales, así como la dosis del adsorbente (Pabón et al., 2020, p. 14).

Frente a la problemática se plantea el problema general: ¿Cuál es el efecto de la granulometría y dosis de cáscara de naranja (*Citrus Cinensis*) en la remoción de metales pesados del río Coralaque, 2022?; para lo cual se establecieron como problemas específicos PE1: ¿Cuál es el efecto de la granulometría de cáscara de naranja en la remoción de plomo y arsénico del río Coralaque, 2022? PE2: ¿Cuál

es el efecto de la dosis de cáscara de naranja en la remoción de plomo y arsénico del río Coralaque, 2022?; PE3: ¿Cuál es la eficiencia remoción de plomo y arsénico del río Coralaque mediante la aplicación de cáscara de naranja, 2022?

El motivo que induce a realizar el estudio, se justifica desde el punto de vista teórico porque permitió comprender el efecto de la granulometría y dosis de cáscara de naranja en la remoción de metales, mientras que económicamente se justifica porque las cáscaras de naranja se obtienen sin coste alguno ya que resultan del procesamiento de esta fruta, considerándose como residuo desechable, por lo tanto su utilización como bioadsorbente en una alternativa para su aprovechamiento, de manera ambiental se justifica porque la remoción de metales pesados influirá de manera positiva en la mejora de calidad del agua del río Coralaque.

El objetivo general de la investigación es: Evaluar el efecto de la granulometría y dosis de cáscara de naranja (*Citrus cinensis*) en la remoción de metales pesados del río Coralaque, 2022; esto se sustenta bajo los siguientes objetivos específicos OE1: Evaluar el efecto de la granulometría de cáscara de naranja en la remoción de plomo y arsénico del río Coralaque, 2022. OE2: Evaluar el efecto de la dosis de cáscara de naranja en la remoción de plomo y arsénico del río Coralaque, 2022. Determinar la eficiencia remoción de plomo y arsénico del río Coralaque mediante la aplicación de cáscara de naranja, 2022.

Del mismo modo las hipótesis de la presente investigación serán las siguientes: Hipótesis general: El efecto de los niveles de granulometría de cáscara de naranja en la remoción de plomo y arsénico del río Coralaque, es positivo; esto se sustenta bajo los siguientes hipótesis específicas HE1: El efecto de la granulometría de cáscara de naranja en la remoción de plomo y arsénico del río Coralaque, Moquegua será positivo con 0.15 mm debido a que la retención de contaminantes en el adsorbente aumenta a mayor tamaño de poros conforme incrementa la granulometría. HE2: El efecto de la dosis de cáscara de naranja en la remoción de plomo y arsénico del río Coralaque será positivo con 4 gramos debido a que representa un nivel medio de dosificación. HE3: La eficiencia remoción de plomo y arsénico del río Coralaque mediante la aplicación de cáscara de naranja en Moquegua será superior a 50% debido a que a partir de este valor se considera efectivo.

## II. MARCO TEÓRICO

Diversas investigaciones se orientaron en la utilización de cáscara de naranja en la remoción de plomo y arsénico, como a nivel internacional se evidencia:

Nathan et al. (2021) evaluó la eliminación simultánea de metales pesados del agua potable mediante gránulos de cáscara de plátano, naranja y patata. Se aplicó una metodología experimental, obteniendo como resultados un aumento significativo en la capacidad de biosorción de As y Pb, mientras que para Cd y Ni disminuyó significativamente en condiciones de pH 7,5 y tiempo de contacto de 4 horas con la aplicación de perlas de naranja. Por otro lado, las curvas de adsorción demuestran que la cantidad de iones biosorbidos aumentó a mayor número de perlas, logrando estabilizarse en concentraciones de 5 a 6 perlas. En conclusión, los biosorbentes de naranja tenían mejores eficiencias debido a la mayor heterogeneidad de la superficie. Esta investigación aporta la referencia sobre el tiempo de contacto óptimo de 4 horas para las condiciones de experimentación.

Fernandez et al. (2020) analizó la evacuación de Cu, Fe y Pb mediante la aplicación de filamentos lignocelulósicos como cáscara de plátano, coco y naranja en el tratamiento de efluentes minero-metalúrgicos. Se evaluó el efecto de la dosis de adsorbente sobre el procedimiento de adsorción en niveles de 50 gr y 100 gr, manteniendo constantes las demás variables como tamaño de la partícula de 0.250 mm, tiempo de contacto de 3 horas, 7.3 de pH y 25.6° C de temperatura. Los resultados demostraron que plomo mostró una evacuación más prominente de 97.34% con T3 y T6 compuestos por 100 gr de naranja y coco-naranja en 50 gr cada uno, concluyendo que el marco bioarsorbente permite disminuir la concentración de metales en los efluentes mineros. Esta investigación aporta la referencia sobre la producción de bioarsorbente de cáscara de naranja.

Abid et al. (2017) examinó la eficiencia de biosorción de la cáscara de naranja natural (NOP) y la piel de naranja carbonizada (COP) para la inmovilización de arsénico mediante un estudio experimental, resultando que la adsorción de arsénico fue superior a pH 6.5, con un mayor porcentaje de eliminación de arsénico en 98 % por COP que por NOP en un 68 % a una dosis óptima de biosorbente de

4 g/L, obteniendo como conclusión que el material carbonizado pretratado con ácido sulfúrico a partir de los biorresiduos ampliamente disponibles como la cáscara de naranja presenta propiedades mejoradas de absorción de arsénico. Esta investigación aporta la referencia sobre la dosis posiblemente óptima de 4 gramos para las condiciones de experimentación.

Amin et al. (2017) analizó los comportamientos de absorción de plomo, cobre y arsénico empleando filamentos de cáscara de naranja y palmera datilera, en este sentido, se desarrolló un método experimental. Los resultados evidenciaron que la eliminación más alta se observó a pH 6, y los datos de adsorción mostraron un aumento lineal con concentraciones crecientes de adsorbente de 0.1 a 2 g/L. Asimismo se observó mayor eliminación con partículas de tamaño de 45  $\mu\text{m}$ . En conclusión, la eficiencia de remoción de iones metálicos fue ligeramente superior con la piel de naranja debido al mayor número de grupos funcionales en el adsorbente pre tratado químicamente. Esta investigación aporta la referencia sobre la producción de bioarsorbente de cáscara de naranja.

Irem et al. (2017) evaluó el potencial de biosorción de los residuos de naranja para remover el arsénico. La metodología se aplicó de manera experimental utilizando soluciones sintéticas de arsénico a una concentración inicial de 250 ppb, se obtuvo como resultados que el sistema por lotes y continuo permitió una reducción en la concentración de arsénico hasta del 90%. Asimismo, las condiciones óptimas se identificaron como un tiempo de contacto de 30 minutos, pH 6, dosis de biosorbente de 1 g/L. En conclusión, los residuos de naranja son un biosorbente rentable, es decir, que presenta beneficios económicos en relación con los gastos de inversión, asimismo es ecológico en comparación a las tecnologías actuales de los tratamientos de agua potable. Esta investigación aporta la referencia sobre la producción de bioarsorbente de cáscara de naranja.

Por otro lado, en la literatura nacional se presenta las siguientes investigaciones:

Abad et al. (2020) realizó la evaluación de la aplicación de la cáscara de naranja como bioarsorbente para la eliminación de arsénico, bajo tiempos de contacto y temperatura diferenciados, para ello se asumió un estudio de tipo experimental con muestras del agua del río Locumba en Tacna, obteniendo como resultados una

eficiencia de remoción del 98 % con una dosificación de 4 gramos durante 4 días de contacto y con una temperatura a 24 °C. Se concluye que la expulsión de arsénico del agua de río Locumba mediante la aplicación de bioadsorción con cáscara de naranja es factible y potenciadora debido a que presenta un costo-efectivo y es amigable con el ambiente. Esta investigación aporta la referencia sobre la dosis posiblemente óptima de 4 gramos para las condiciones de experimentación.

Bazán y Copaja (2019) determinó la productividad de la piel de naranja y el tejido adsorbente de productos naturales energéticos para la adsorción de arsénico y plomo mediante una metodología experimental con muestras del agua del río Rímac en Lima. Los resultados demostraron que la cáscara de naranja de tamaño de partícula mayor a 850  $\mu\text{m}$  se obtuvo una remoción de 97.86% en Pb y 98.69 % en As. Asimismo, las condiciones de trabajo más favorables fueron una dosis de 25 g con un tiempo de contacto de 1 hora, concluyendo que el tratamiento de remoción permite cumplir con los ECA, por lo que el agua tratada puede usarse para el riego de vegetales. Esta investigación aporta la referencia sobre la producción de bioarsorbente de cáscara de naranja.

Yrigoin (2019) realizó un estudio para evaluar la eficiencia de la pectina de cáscara de naranja para reducir los niveles de arsénico en el agua aplicando un método experimental con muestras del agua de pozo de un Centro Poblado en Mórrope. Los resultados indicaron que la presencia inicial de Arsénico de 0.5 mg/l, mientras que el tratamiento con cáscara de naranja en la muestra de agua de pH 5 con una dosificación de 0.5 gramos se disminuyó hasta 0.025 mg/l, mientras que con dosis de 1 gramo, 2 gramos y 4 gramos se disminuyó hasta 0.01 mg/l, y con 3 gramos se logró disminuir hasta 0.005 mg/l, siendo la dosis más óptima. En conclusión, la dosis de 4 g es la adecuada para reducir el arsénico hasta valores no detectables. Esta investigación aporta la referencia sobre la dosis posiblemente óptima de 4 gramos para las condiciones de experimentación.

Bonilla et al. (2019) apuntó a determinar la actividad del carbón de naranja para la adsorción de partículas de plomo (II), por lo que se realizaron pruebas de ensayo con pruebas de la efluentes mineros del río Antícona en Pasco y se obtuvo que la

capacidad de adsorción de plomo más extrema fue de 478.5 mg/L, hablando de 95,7 % de viabilidad, apareciendo racimos útiles como carboxilo, hidroxilo, carbonilo y zona superficial de 1 626.44 m<sup>2</sup>/g son los operadores esenciales de adsorción. También se demostró que la adsorción es excepcionalmente rápida y puede alcanzar el equilibrio en 40 minutos. De esta forma, se concluye que la piel de naranja podría ser un gran adsorbente. Esta investigación aporta la referencia sobre la producción de bioarsorbente de cáscara de naranja.

Mendoza (2018) en investigación realizó una evaluación del impacto de la granulometría y peso de la cubierta de naranja para la supresión del metal plomo en el agua de la Laguna de Pías, Patáz. Se aplicó un diseño experimental tipo bifactorial con peso de 5 g y 20 g, mientras que la granulometría se estudió de 0.841 mm, 0.400 mm y 0.250 mm. Los resultados demostraron que la granulometría de 0,841mm y peso de 10 gramos de piel de naranja obtuvo la tasa más destacada de expulsión de plomo hasta el 91.55% a los 45 minutos de contacto, llegando a concluir que este tratamiento es el más efectivo. Esta investigación aporta la referencia sobre la producción de bioarsorbente de cáscara de naranja.

Laura (2018) tuvo como objetivo analizar la remoción de arsénico, plomo y cobre con pectina obtenida de diversos productos naturales como la piel de naranja, limón y mandarina. La metodología fue experimental con muestras del agua del río Chili en Arequipa, obteniendo como resultados que la aplicación de la pectina de naranja presentó una tasa de evacuación de arsénico del 43.13% y cromo en 17.65%; con respecto a la pectina de limón evacuó 40.89% y 11.76% de arsénico y cromo respectivamente, mientras que la pectina de mandarina presentó tasas de expulsión de arsénico y plomo en 43.64% y 71,95% cada uno. Se concluye que la pectina de mandarina fue la más productiva para expulsar plomo y arsénico en comparación con la pectina de naranja y limón. Esta investigación aporta la referencia sobre la producción de bioarsorbente de cáscara de naranja.

Para el desenvolvimiento del estudio fue preciso especificar las bases teóricas referente a las variables. En este sentido, se define a la naranja como un producto natural del naranjo dulce proveniente del género *Citrus* de la familia *Rutaceae*, ricos en vitamina C, flavonoides y aceites esenciales (Aguilar y Flores, 2018, p. 3).

Además, está compuesto en gran parte por celulosa, hemicelulosas , lignina, pigmentos de clorofila y diversos compuestos de bajo peso molecular, incluido el limoneno (Dey et al., 2021, p. 4).

Los componentes dominantes de estas fracciones son, respectivamente, pectina, celulosa, hemicelulosas, lípidos, algunos compuestos nitrogenados y casi un 3% de contenido de cenizas. Las sustancias pécticas son el tipo predominante de polisacárido identificado para las paredes celulares de los residuos de naranja, los cuales se consideran polímeros naturales que tienen propiedades adsorbentes, coagulantes o floculantes y dan superficies cargadas que dirigen el pH y el ajuste de partículas (Arias, 2019, p. 26).

Tabla 1. Composición de la cascara de naranja (%)

<b>Componentes</b>	<b>Contenido porcentual (%)</b>
Azúcares solubles	16.9
Celulosa	9.21
Hemicelulosa	10.5
Pectina	42.5

Fuente: (Arias, 2019).

Estos productos naturales de cítricos son uno de los mayores cultivos de productos naturales desarrollados en distritos tropicales y subtropicales del planeta con una facturación anual que supera los 110-124 millones de toneladas (Mahato et al., 2021, p. 5). Por otro lado, en el territorio nacional, de acuerdo con el Ministerio de Agricultura y Riego (2017), la producción nacional de naranja en las últimas décadas ha evidenciado una predisposición de aumento, ya que durante el año 2000, la generación fue 255,77 mil toneladas, mientras que el año 2016 llegó a una generación de 492 mil toneladas (Borda, 2022, p. 12).

Sin embargo, después del procesamiento de las frutas en las industrias de alimentos, aproximadamente la mitad de la masa de la fruta (45-55%) se convierte en desecho que incluyen cáscaras (flavedo y albedo), residuos de médula, semillas y partes no aptas para el consumo de las personas, por lo que tienen poco o ningún



valor económico, ocasionado enormes problemas en términos de contaminación de los entornos naturales, y de los recursos hídricos subterráneos y superficiales (Mahato et al., 2021, p. 6). Con la rápida extensión de la población y el incremento de la demanda de naranjas, la generación de residuos a partir de la piel de naranja va en aumento y esto es preocupante (Akinhanmi et al., 2020, p. 4).

Alternativamente, estos desechos pueden utilizarse como materia prima y un recurso sostenible y renovable de varias maneras para obtener productos valiosos de importancia industrial (Mahato et al., 2021, p. 6). En ese sentido, la piel de naranja puede ser rentable para los sistemas de tratamiento de agua, al ser un biosorbente ecológico (Borda, 2022, p. 8), debido a que contienen grandes cantidades de celulosa, azúcar fermentable y hemicelulosa, que son beneficiosos en la adsorción de metales pesados (Hasan et al., 2021, p. 3). Asimismo, las altas áreas superficiales y grupos funcionales activos condicionan la capacidad absorbente de la cáscara de naranja (Dey et al., 2021, p. 6).

Por otro lado, los contaminantes inorgánicos, incluidos los metales pesados, se caracterizan por su toxicidad, no biodegradabilidad y persistencia en el medio ambiente (Xiao et al., 2019, p. 4). Estos pueden ingresar a las cadenas acuáticas y alimenticias de humanos y animales a partir de una variedad de fuentes antropogénicas, así como también a partir de la erosión geoquímica natural del suelo y las rocas. (Nathan et al., 2021, p. 13). Por lo que los recursos acuáticos se enfrentan a concentraciones de metales con una superación en los criterios de calidad del agua previstos para garantizar el medio ambiente, las criaturas y las personas (Dey et al., 2021, p. 22).

Los metales pesados en hábitats contaminados pueden acumularse en la flora y la fauna, lo que puede entrar en la cadena alimentaria y crear problemas de salud. Los sedimentos son constituyentes ecológicamente valiosos del entorno fluvial. Los sedimentos que actúan como portadores también son fuentes secundarias de contaminantes en el medio fluvial. Por lo tanto, la evaluación de los sedimentos del río es un enfoque valioso para evaluar la contaminación por metales en un área determinada (Ahamad et al., 2020, p. 2).

En este sentido, el plomo (II) está comúnmente presente en efluentes y aguas residuales de industrias tales como pintura, pesticidas, baterías, minería y fundición, por lo que los informes indican que los adultos absorben entre el 5 y el 15 % del plomo y casi el 5% del mismo se retiene, y la existencia de 0,5 a 0,8 µg por ml de plomo en la sangre de los organismos vivos conduce a numerosos problemas de salud, incluidos abortos espontáneos en mujeres, dolor de estómago severo, hipertensión, síntesis sanguínea alterada, daño cerebral y renal (Bayuo et al., 2022, p. 16).

Tabla 2. Estándares de calidad ambiental en relación con los metales pesados

Metal pesado	Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales		Categoría 4: Conservación del ambiente acuático	Implicaciones para la salud
	D1: Riego de vegetales	D2: Bebida de animales	E2: Ríos	
Arsénico	0.05	0.1	0.05	Trastorno canceroso y gastrointestinal
Plomo	0.05	0.05	0.001	Alteración del síntesis sanguínea y daño cerebral y renal

Fuente: Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM.

Ante esta situación resulta imprescindible efectuar procesos de tratamiento de los recursos hídricos con la finalidad de disminuir productivamente la acumulación de contaminantes orgánicos a través de la coagulación, componente fundamental que incluye la expansión de coagulantes capaces de desestabilizar y neutralizar las partículas en suspensión (Precious et al., 2021, p. 2), además cuando se utilizan productos naturales en la coagulación se convierte en una estrategia económica y ambientalmente razonable para la eliminación de toxinas y por lo tanto, permite proteger la vida en ambientes hídricos (Harsha et al., 2019, p. 2).

Referente a la adsorción se define como un método con alta capacidad para transferir masa de una fase fluida a una fase sólida. Así, para entender mejor la adsorción, el adsorbato es la especie que se adsorbe sobre la superficie sólida, mientras que el sólido con esta característica se denomina adsorbente, el cual pueden ser elementos naturales o artificiales que tienen una buena porosidad interna disponible para una unión selectiva con solutos en fase gaseosa o líquida, asimismo estos materiales deben ser específicos, fáciles y económicos de recuperar, tener inmovilidad mecánica y no reaccionar con el sustrato ni con los reactivos de regeneración (Lima et al., 2020, p. 9).

La adsorción ocurre cuando un adsorbato se adhiere a la superficie de un adsorbente. Debido a las capacidades de reversibilidad y desorción, la adsorción se considera la opción más eficaz y económicamente viable para la eliminación de metales de una solución acuosa (Masindi et al., 2018). En comparación con otros sistemas de tratamiento, la adsorción parece ser más ingeniosa y utilizada en todo el mundo debido al mayor rendimiento y rentabilidad de los biosorbentes, donde sucede una reacción reversible simple y eficiente que tiene lugar entre los metales pesados y los grupos funcionales de la biomasa (Bayuo, Rwiza y Mtei, 2022).

Los biosorbentes de los desechos de cítricos se han desarrollado de varias maneras, como (a) trituración/trituración mecánica, (b) tratamiento fisicoquímico, (c) tratamiento termoquímico y (d) métodos bioquímicos que usan enzimas, que se clasifican en categorías: (i) biosorbente de cáscara nativa, (ii) biosorbente de cáscara protonada, (iii) biosorbente de cáscara de ácido péctico. absorbente, (iv) biosorbente de cáscara sin pectina, (v) biosorbente de carbón activado por cáscara carbonizado, (vi) biosorbente modificado químicamente y (vii) biosorbente modificado bioquímica o enzimáticamente (Mahato et al., 2020, p. 7).

Los métodos de biosorción para la supresión de iones metálicos y metaloides del agua potable han ganado interés en las últimas décadas debido a sus costos más bajos, diseño flexible y facilidad de operación en relación con los métodos tradicionales. Algunas de las biomoléculas más eficientes con la capacidad de completar metales en soluciones acuosas incluyen polisacáridos como celulosa, almidón, pectina y alginato (Nathan et al., 2021, p. 14).

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

La investigación fue de tipo aplicada, por motivo que los resultados no solo reflejaron el nivel de conocimiento obtenido sino representaron soluciones para una problemática específica (Ñaupas et al., 2018, p. 26). Referente al diseño fue experimental, porque las variables fueron sometidas a condiciones experimentales, por lo tanto, soportaron una manipulación por parte de los investigadores desde una perspectiva preexperimental, donde se observó a un grupo antes y después de que se haya administrado el tratamiento, a fin de evaluar si el tratamiento tuvo el potencial de causar cambios (Jimenez y Frey, 2018, p.14).

Tabla 3. Diseño preexperimental

Grupo	Asignación	Diseño	Esquema
Experimental	No azar	O <sub>1</sub> — X — O <sub>2</sub>	O <sub>1</sub> : Pre-test X: Aplicación de tratamiento O <sub>2</sub> Post-test

En este sentido, la investigación se enfocó en evaluar el efecto de la granulometría y dosis de la cáscara de naranja en el proceso de adsorción de metales pesados como plomo y arsénico en aguas del río Coralque de la localidad de Moquegua con la finalidad de disminuir la contaminación. Para ello, se aplicó un diseño factorial de 2x3 porque se estudió un factor (variable) con dos niveles y otra con tres niveles (Fernández, 2020, p. 17).

De esta manera, los factores a evaluar fueron tanto la granulometría en niveles de 0.10 mm y 0.15 mm, como la dosis en niveles de 4 g, 6 g y 8 g, estas condiciones son debido a que en el laboratorio solo se presentó tamices más pequeños de 0.10 y 0.15 mm, obteniendo una combinación de seis tratamientos, asimismo en cada combinación resultante se aplicó tres réplicas completas, por lo tanto, las unidades experimentales estuvieron contenidas por 18 tratamientos.

Tabla 4. Matriz de experimentación

Réplicas	Factores reales		Factores codificados		Combinación de tratamientos
	Dosis (g)	Granulometría (mm)	Factor A	Factor B	
I	4	0.10	a <sub>1</sub>	b <sub>1</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>
	4	0.15	a <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>
	6	0.10	a <sub>2</sub>	b <sub>1</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>
	6	0.15	a <sub>2</sub>	b <sub>2</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>
	8	0.10	a <sub>3</sub>	b <sub>1</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>1</sub>
	8	0.15	a <sub>3</sub>	b <sub>2</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>2</sub>
II	4	0.10	a <sub>1</sub>	b <sub>1</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>
	4	0.15	a <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>
	6	0.10	a <sub>2</sub>	b <sub>1</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>
	6	0.15	a <sub>2</sub>	b <sub>2</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>
	8	0.10	a <sub>3</sub>	b <sub>1</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>1</sub>
	8	0.15	a <sub>3</sub>	b <sub>2</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>2</sub>
III	4	0.10	a <sub>1</sub>	b <sub>1</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>
	4	0.15	a <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>
	6	0.10	a <sub>2</sub>	b <sub>1</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>
	6	0.15	a <sub>2</sub>	b <sub>2</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>
	8	0.10	a <sub>3</sub>	b <sub>1</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>1</sub>
	8	0.15	a <sub>3</sub>	b <sub>2</sub>	a <sub>3</sub> b <sub>2</sub>

### 3.2. Variables y operacionalización

Las investigaciones cuantitativas requieren de una operacionalización de las variables a evaluar, considerando como variable independiente de granulometría de cáscara de naranja (*Citrus Cinensis*) y dosis de cáscara de naranja (*Citrus Cinensis*), mientras que la variable dependiente de remoción de plomo y arsénico del río Coralaque.

### **3.3. Población (criterios de selección), muestra, muestreo y unidad de análisis**

La población de la presente investigación estuvo compuesta por agua contaminada por metales tóxicos como el plomo y el arsénico del río Coralaque en la provincia de Moquegua. Mientras que la muestra incluyó 18 litros del agua contaminada, la cual se obtuvo mediante un muestreo aleatorio simple al azar. De esta manera, la unidad de análisis corresponde a cada litro de agua contaminada con plomo y arsénico.

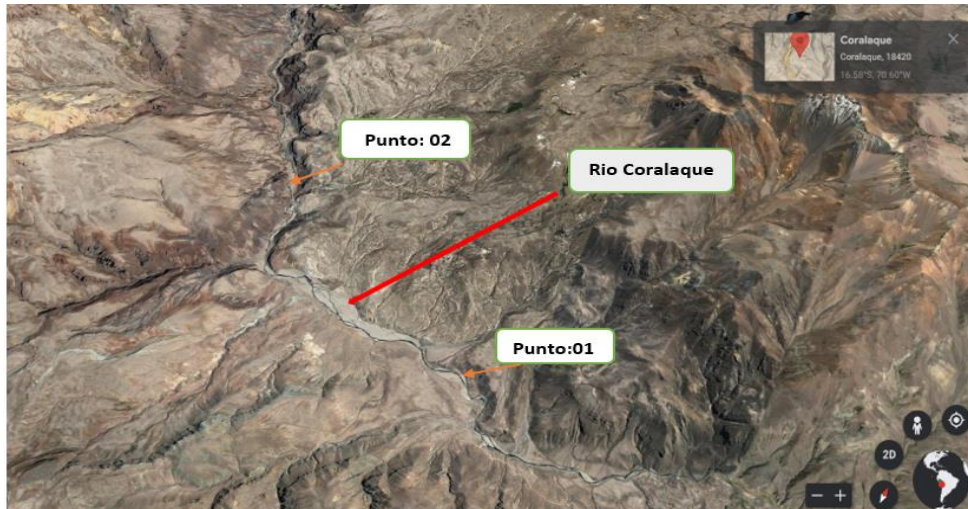
### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

En la investigación se aplicó la técnica de la observación debido a que se utilizó el criterio de los investigadores a través de la percepción visual durante el proceso de experimentación, lo que permitió obtener información de fuentes primarias asociadas al fenómeno de interés investigativo (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2018, p. 189). Por otro lado, el instrumento de recolección de datos comprendió una ficha de observación que permitió acotar todos los datos necesarios en torno a la eficiencia de las cáscaras de naranja como bioarsobente para la eliminación de metales pesados en aguas del río.

### **3.5. Procedimientos**

#### **Colección de muestras**

La muestra de agua se tomó del río Coralaque en el departamento de Moquegua, basado en el protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales establecido por la Autoridad Nacional del Agua (2016). En este sentido, los investigadores se ubicaron en dos puntos de captación de agua antes y después, en las coordenadas UTM WGS 84 zona 19 324465.5 E, 8169378.3 N y 320266.6 E y 8171241.7 N respectivamente, de los afluentes de contaminación de plomo y arsénico, de preferencia en la zona central del cauce donde el agua fluya sin turbulencia.



**Figura 1.** Ubicación de los puntos de muestreo

Fuente: Google Earth, 2023.

### **Preparación del material bioadsorbente**

En este sentido, se llevó a cabo mediante la metodología de Abad et al. (2020, p.42), la cual indica que las cáscaras de naranja deben adquirirse de los comerciantes de jugos de productos naturales de los mercados cercanos mediante criterios de selección de los materiales en estado de conservación sin incidencia de pudrición. Una vez que se obtiene la tela cruda, se lavó varias veces para eliminar cualquier impureza, luego experimentó un secado preparado al sol durante tres días y finalmente se trituró la cáscara seca hasta lograr su pulverización.

### **Análisis en laboratorio**

Se realizaron ensayos de laboratorio para evaluar las concentraciones iniciales de plomo y arsénico en las muestras del agua del río Coralaque. Posteriormente, los experimentos a escala de laboratorio se realizaron en una prueba de jarras utilizando dosis de biosorbente de 4 g, 6 g y 8 g, asimismo niveles de granulometría de biosorbente de 0.10 mm y 0.15 mm, aplicando una repetición por triplicado en condiciones de la mezcla que se agitó a 120 rpm y tiempo de contacto a 4 horas hasta alcanzar el equilibrio según la metodología de (Irem et al. 2017).

Las condiciones de operación se mantuvieron constantes en relación a la mezcla de agitación y el tiempo de contacto con la finalidad de disolver adecuadamente el adsorbente de cáscara de naranja pulverizada en las muestras de agua del río y para garantizar la máxima homogeneidad posible en el transcurso de la experimentación. Al final del período de adsorción, las muestras fueron filtradas y

analizadas por el método de absorción atómica utilizando el equipo de espectrometría de absorción atómica del modelo ICE3300 para medir la cantidad de arsénico restante en el agua tratada. Mientras que para el plomo restante en el agua tratada se aplicó el mismo método de absorción atómica, pero utilizando el equipo sistema de hidruros del modelo VP100. En ambos casos, los equipos fueron de la marca *Thermo Scientific* y se encontraron calibrados adecuadamente.

### **Análisis de la eficiencia**

La estimación de la eficiencia de remoción de las concentraciones de los contaminantes en el sistema de tratamientos se realizó con la aplicación de cáscara de naranja mediante el cálculo de la diferencia entre la concentración final y la concentración inicial dividido entre la concentración inicial multiplicado por 100 como la formula dada por  $E = (C_i - C_f) / C_i \times 100$ .

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

Los datos fueron procesados por medio de la estadística descriptiva e inferencial para el propósito de la evaluación del efecto de la granulometría y dosis de la cáscara de naranja para la eliminación de metales pesados como plomo y arsénico en aguas del río Coralaque de la localidad de Moquegua. Para ello, se requirió el empleo de programas como Excel y Statgraphics versión 16 para el análisis de la información y su respectiva interpretación mediante el diseño de tablas y gráficos, asimismo por medio de estadística de ANOVA experimental multifactorial, análisis de varianza y prueba de múltiples rangos

### **3.7. Aspectos éticos**

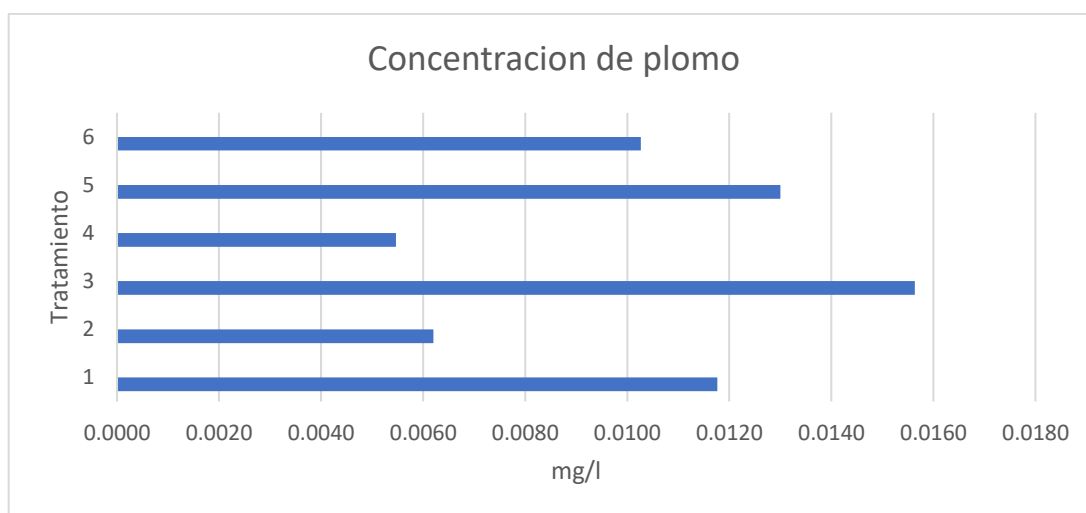
Se contemplaron principios éticos que exige la Universidad Cesar Vallejo en relación con la omisión de plagio, para lo cual se aplicó la referenciación de las citas textuales y parafraseadas mediante la herramienta Mendeley que permitió reunir, etiquetar, definir la bibliografía mediante el ingreso de los documentos para una gestión automática, lo cual sirvió como una herramienta muy importante para el control y la clasificación de los datos, con el propósito de respetar los derechos de los autores en base a los lineamientos del estilo ISO-690.



## IV. RESULTADOS

### 4.1. Evaluación del efecto de la granulometría y dosis de cáscara de naranja en la remoción de plomo del río Coralaque.

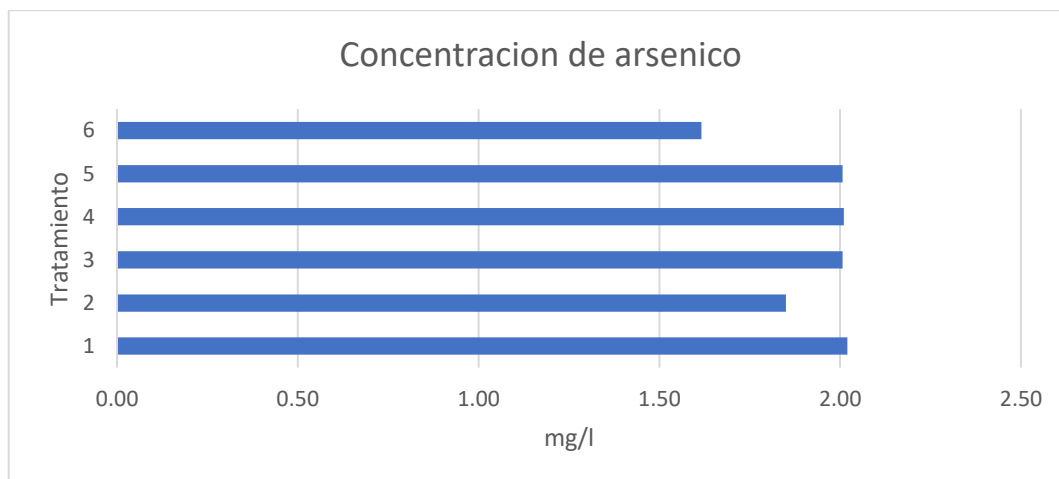
La figura 1 presenta las estimaciones del plomo obtenidos luego de la aplicación del tratamiento con cáscara de naranja en muestras del río Coralaque, donde se detalla las condiciones de cada tratamiento en relación con la granulometría, asimismo se obtuvieron valores promedio de las repeticiones de cada tratamiento. De esta manera, se distingue que el tratamiento 3 tuvo mayor concentración que presentó valores de 0.0156 mg/L de plomo, mientras que el tratamiento 4 tuvo menores concentraciones en 0.0055 mg/L de plomo.



**Figura 2.** Niveles de concentración de plomo

### 4.2. Evaluación del efecto de la granulometría y dosis de cáscara de naranja en la remoción de arsénico del río Coralaque, 2022.

La figura 2 presenta las estimaciones del arsénico obtenidos luego de la aplicación del tratamiento con cáscara de naranja en muestras del río Coralaque, donde se detalla las condiciones de cada tratamiento en relación con la granulometría, asimismo se obtuvieron valores promedio de las repeticiones de cada tratamiento. De esta manera, se distingue que el tratamiento 1 tuvo mayor concentración que presentó valores de 2.02 mg/L de arsénico, mientras que el tratamiento 6 tuvo menores concentraciones en 1.62 mg/L de arsénico.



**Figura 3.** Niveles de concentraciones de arsénico

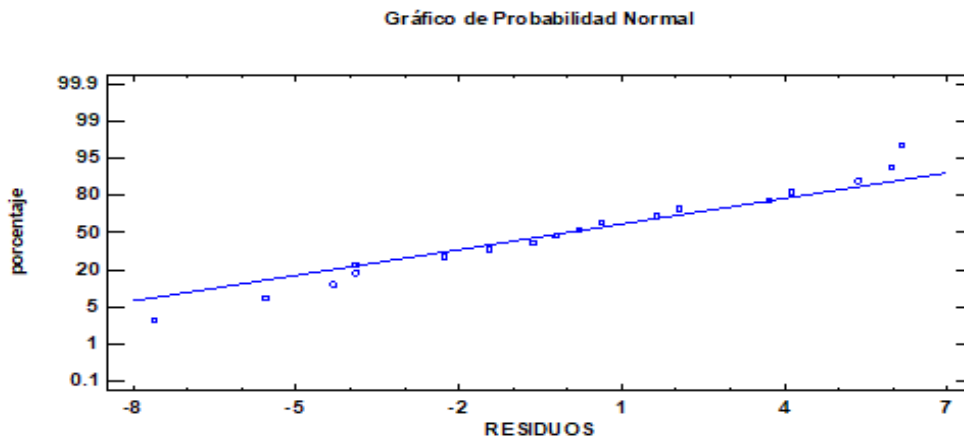
#### 4.3. Determinación de la eficiencia remoción de plomo y arsénico del río Coralaque mediante la aplicación de cáscara de naranja.

En relación con la eficiencia de remoción de plomo se obtuvieron los cálculos detallados en la tabla 5, se evidencia que los tratamientos demostraron una mayor eficiencia de 66.25% en la remoción de plomo con dosis de 4 g y granulometría de 0.15 mm correspondiente al tratamiento 2.

Tabla 5. Eficiencia del tratamiento en la remoción de plomo (%)

Dosis	Gran	R1%	R2%	R3%	Promedio
4	0.10	31.48	27.16	23.46	27.37
4	0.15	64.81	71.60	62.35	66.25
6	0.10	19.14	25.93	14.20	19.76
6	0.15	62.35	65.43	57.41	61.73
8	0.10	3.70	1.23	5.56	3.50
8	0.15	38.27	42.59	29.01	36.62

Además, para determinar la eficiencia de remoción en el caso de plomo, se realizó el análisis estadístico ANOVA Experimental Multifactorial, considerando a la remoción como la variable independiente y donde los factores son; el tratamiento (T), la dosis (g) y la granulometría (mm). De manera previa se ejecutó el análisis de los supuestos del experimento:

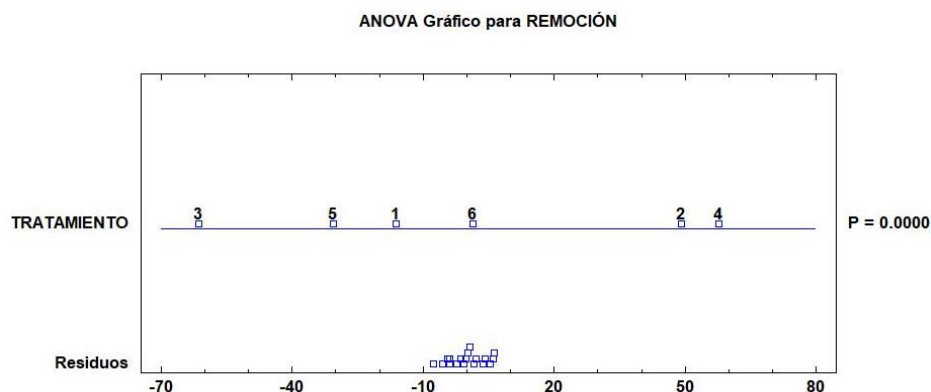


**Figura 4.** Prueba de Normalidad para datos del tratamiento de plomo

Nota. Elaborado por autores en Statgraphics con resultados de laboratorio.

En la figura 3, se detalla el primer supuesto: la prueba paramétrica de los datos, como se puede distinguir los resultados tiene una distribución normal, esto justificándose además en el Sesgo estandarizado y la Curtosis estandarizada (Ver anexo 2.a), ambos con -0.154853 y -0.769598, valores que se ubican en los rangos de -2 a +2, lo que permite aprobar la prueba estadística, dado que no se cuentan con desviaciones significativas.

En primer lugar, se ejecutó el análisis de prueba ANOVA para la remoción según los tratamientos, obteniendo que las variables de dosis y granulometría derivados de un número de 17 casos completos presentan valores inferiores a 0.05 de valor-P (0.0000), lo cual indica que existen diferencias significativas entre los tratamientos realizados, como de detalla en la figura 4.



**Figura 5.** Representación de ANOVA para remoción de plomo

Nota. Elaborado por autores en Statgraphics con resultados de laboratorio.

Del mismo modo, se realizó la prueba para diferencias mínimas significativas o prueba de múltiples rangos (LSD), una vez rechazada la hipótesis nula, y aclarada las diferencias significativas entre al menos dos tratamientos.

Tabla 6. Prueba de múltiples rangos para remoción por tratamiento

<b>Tratamiento</b>	<b>Casos</b>	<b>Media LS</b>	<b>Sigma LS</b>	<b>Grupos Homogéneos</b>
T3	3	3.49667	2.81832	X
T5	3	19.7567	2.81832	X
T1	3	27.3667	2.81832	X
T6	3	36.6233	2.81832	X
T2	3	61.73	2.81832	X
T4	3	66.2533	2.81832	X

*Nota.* Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual. Elaborado por autores en Statgraphics con resultados de laboratorio.

De la prueba LSD Fisher se puede distinguir las diferencias significativas entre los 15 pares de tratamientos encontrados; donde de los 13 pares muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95.0% de confianza. Asimismo, se han identificado 3 grupos homogéneos que no presentan diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que comparten el mismo grupo.

Además, se procedió a realizar la prueba ANOVA en relación con los factores de dosis, obteniendo que en la tabla 7, se puede distinguir que las variables de dosis y granulometría derivados de un número de 17 casos completos presentan valores inferiores a 0.05 de valor-P (0.0000 y 0.0000), lo cual indica que lo cual indica que existen diferencias significativas entre los tratamientos realizados.

Tabla 7. Análisis de varianza para remoción de plomo por dosis

<b>Fuente</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>GI</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-P</b>
Efectos Principales					
A: Dosis	2360.33	2	1180.17	47.69	0.0000
B: Granulometría	6496.48	1	6496.48	262.54	0.0000
Residuos	346.43	14	24.745		
Total (Corregido)	9203.24	17			

*Nota.* Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual. Elaborado por autores en Statgraphics con resultados de laboratorio.

Del mismo modo, se realizó la prueba para diferencias mínimas significativas o prueba de múltiples rangos (LSD), una vez rechazada la hipótesis nula, y aclarada las diferencias significativas entre al menos dos tratamientos.

Tabla 8. Prueba de múltiples rangos para remoción por dosis

<b>DOSIS (g)</b>	<b>Casos</b>	<b>Media LS</b>	<b>Sigma LS</b>	<b>Grupos Homogéneos</b>
8	6	20.06	2.03081	X
6	6	40.7433	2.03081	X
4	6	46.81	2.03081	X

*Nota.* \* indica una diferencia significativa. Elaborado por autores en Statgraphics con resultados de laboratorio.

De la prueba LSD Fisher se puede distinguir las diferencias significativas entre los 3 pares de dosis encontrados; donde 2 de los pares muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95.0% de confianza. Asimismo, se han identificado 2 grupos homogéneos que no presentan diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que comparten el mismo grupo.

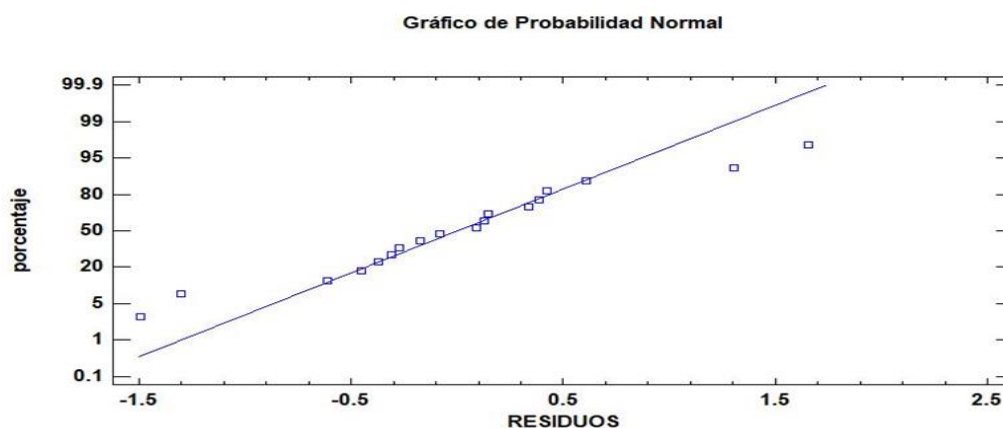
Por otro lado, en relación con la eficiencia de remoción de arsénico se obtuvieron los cálculos detallados en la tabla 9, donde se evidencia que los tratamientos

demonstraron una mayor eficiencia de 88.77% en la remoción de arsénico con dosis de 8 g y granulometría de 0.15 mm.

Tabla 9. Eficiencia del tratamiento en la remoción de arsénico (%)

Dosis	Gran	R1%	R2%	R3%	Promedio
4	0.1	86.67	85.97	85.28	85.97
6	0.15	86.94	87.64	86.88	87.15
8	0.1	86.60	85.28	86.32	86.07
4	0.15	86.04	86.74	85.35	86.04
6	0.1	86.11	86.39	85.69	86.06
8	0.15	88.40	89.72	88.19	88.77

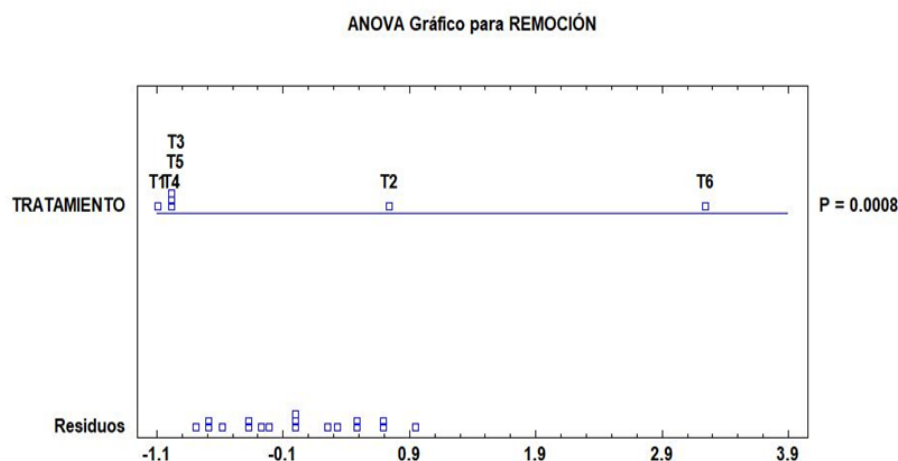
En la figura 5, se detalla la prueba paramétrica de los datos, como se evidencia los resultados tienen una distribución normal, esto fundamentándose tanto en el sesgo estandarizado como la curtosis estandarizada, ambos con 0.276033 y -0.977637, valores que se ubican en los rangos de -2 a +2, lo que permite aprobar la prueba estadística, dado que no se cuentan con desviaciones significativas.



**Figura 6.** Prueba de normalidad para datos de tratamiento de arsénico.

*Nota.* Elaborado por autores en Statgraphics con resultados de laboratorio.

De la misma manera en el análisis de la eficiencia de remoción para el arsénico, se realizó el análisis estadístico ANOVA Experimental Multifactorial, considerando a la remoción como la variable independiente y donde los factores son; el tratamiento (T), la dosis (g) y la granulometría (mm). En primer lugar, se ejecutó el análisis de prueba ANOVA para la remoción según los tratamientos, obteniendo lo siguiente:



**Figura 7.** Representación de ANOVA para remoción de arsénico

*Nota.* Elaborado por autores en Statgraphics con resultados de laboratorio.

En la figura 6 se detalla que el análisis de varianza de varios factores para remoción en los tratamientos derivados de un número de 17 casos completos presenta valores inferiores a 0.05 de valor-P (0.0008), lo cual indica que existen diferencias significativas entre los tratamientos realizados.

Del mismo modo, se realizó la prueba para diferencias mínimas significativas o prueba de múltiples rangos (LSD), una vez rechazada la hipótesis nula, y aclarada las diferencias significativas entre al menos dos tratamientos.

Tabla 10. Prueba de múltiples rangos para remoción por tratamiento

Tratamiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
T1	3	85.9733	0.368206	X
T4	3	86.0433	0.368206	X
T5	3	86.0633	0.368206	X
T3	3	86.0667	0.368206	X
T2	3	87.1533	0.368206	X
T6	3	88.77	0.368206	X

*Nota.* \* indica una diferencia significativa. Elaborado por autores en Statgraphics con resultados de laboratorio.

De la prueba LSD Fisher se puede distinguir las diferencias significativas entre los 15 pares de tratamientos encontrados; donde de los 6 pares muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95.0% de confianza. Asimismo, se han identificado 3 grupos homogéneos que no presentan diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que comparten el mismo grupo.

Además, se procedió a realizar la prueba ANOVA en relación con los factores de dosis, obteniendo que el análisis de varianza de varios factores para remoción en los tratamientos derivados de un número de 17 casos completos presenta valores inferiores a 0.05 de valor-P (0.0064), lo cual indica que existen diferencias significativas entre los tratamientos realizados.

Tabla 11. Análisis de varianza para remoción de arsénico por dosis

<b>Fuente</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>GI</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-P</b>
<b>Efectos Principales</b>					
A: Dosis	6.0084	2	3.0042	4.14	0.0388
B: Granulometría	7.46267	1	7.46267	10.27	0.0064
Residuos	10.1696	14	0.726398		
Total (Corregido)	23.6407	17			

*Nota.* \* indica una diferencia significativa. Elaborado por autores en Statgraphics con resultados de laboratorio.

En la tabla 12 se detalla que en relación a la prueba LSD Fisher se puede distinguir las diferencias significativas entre los 3 pares de dosis encontrados; donde uno de los pares muestra diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95.0% de confianza. Asimismo, se han identificado 2 grupos homogéneos que no presentan diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que comparten el mismo grupo.



Tabla 12. Prueba de múltiples rangos para remoción por dosis

Dosis	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
4	6	86.0083	0.347946	X
6	6	86.6083	0.347946	XX
8	6	87.4183	0.347946	X

Nota. \* indica una diferencia significativa. Elaborado por autores en Statgraphics con resultados de laboratorio.

#### 4.4. Evaluar el efecto de la granulometría y dosis de cáscara de naranja (*Citrus Cinensis*) en la remoción de metales pesados del río Coralaque, 2022.

En la tabla 13 se puede distinguir que las concentraciones de plomo y arsénico en todos los tratamientos en comparación con los Estándares de Calidad Ambiental para agua. Respecto al parámetro de plomo se encuentra dentro de los rangos ECA-agua cuyo límite de cuantificación establece un valor de 0.02, 0.1 y 0.15 para la categoría A1, D1 y D2, E2 respectivamente. Mientras que, se evidencia que el parámetro de arsénico, a pesar de disminuir las concentraciones significativamente, los valores obtenidos luego de las experimentaciones exceden los rangos ECA-agua, hasta en una diferencia de 1.57 mg/L.

Tabla 13. Comparación de concentraciones en relación con el ECA

Tratamientos	Plomo (mg/L)	Arsénico (mg/L)
Testigo	0.0162	14.40
T1 Promedio	0.0118	2.02
T2 Promedio	0.0055	1.85
T3 Promedio	0.0130	2.01
T4 Promedio	0.0062	2.01
T5 Promedio	0.0156	2.01
T6 Promedio	0.0130	1.62
ECA Agua A2	0.02	0.05
ECA Agua D1	0.1	0.05
ECA Agua D2	0.1	0.05
ECA Agua E2	0.15	0.0025

## 5. DISCUSIÓN

En el estudio, los ensayos en laboratorio previos a la experimentación determinaron que el agua del río Coralque de la localidad de Moquegua estaba contaminada debido a la presencia metales pesados en concentraciones de 0.0162 mg/L de plomo y 14.40 mg/L de arsénico (tabla 13). De estos valores, el parámetro de arsénico superaba los límites máximos permisibles establecidos por la organización gubernamental. Mientras que los valores obtenidos luego del tratamiento con la adición de cascaras de naranjas mínimamente procesadas mediante una transformación física con técnicas de secado y pulverización, se lograron unas concentraciones de 0.0055 mg/L de plomo con dosis de 4 g y 1.62 mg/L de arsénico con dosis de 8 g, en ambos casos resultó eficiente una granulometría de 0.15 mm.

En el caso de Abad et al. (2020) en su investigación realizó métodos sencillos en la producción del bioadsorbente, para lo cual, en primer lugar, consiguió las cáscaras de naranjas a partir de comerciantes vendedores de jugo de fruta de mercados locales. La cáscaras fueron lavadas repetidamente con la finalidad de remover todas las impurezas y luego, fueron sometidas a un procedimiento de secado bajo la exposición directa a las radiaciones solares en un período de tres días. Posteriormente, la cáscara seca se transformó en forma pulverizada para emplearlo en la experimentación con dosis de 1, 4 y 7 gramos.

Por su parte, Irem et al. (2017) realizó un proceso más sofisticado donde recogió las cáscaras de naranja de una tienda local de jugo y las lavó con agua destilada para eliminar el polvo y las partículas adheridas, posteriormente los residuos se secaron en horno a 65 W C hasta alcanzar un peso constante. Después se procedió a un aplastado y molido por un molino de bolas eléctrico y tamizado a través de las mallas 40 y 80, que corresponden a un tamaño de partícula de 425  $\mu\text{m}$  y 180  $\mu\text{m}$ , respectivamente para su uso posterior en experimentos de biosorción.

Asimismo, Amin et al. (2017) obtuvo los residuos de cáscaras de naranja localmente, las cual se lavaron con agua destilada y se secaron a 70 °C dentro de un horno de convección durante 24 horas, luego el producto fue triturado y tamizado para obtener un tamaño de partícula promedio de aproximadamente 0,5 mm, hasta que por último, los adsorbentes fueron tratados previamente con etanol e Hidróxido

de sodio (NaOH) para su aplicación en los ensayos de adsorción para el tratamiento de agua contaminada con metales pesados.

Respecto a las condiciones de los tratamientos evaluados se aplicó una mezcla de agitación a 120 rpm y tiempo de contacto a 4 horas de manera constante con la finalidad de disolver adecuadamente el adsorbente de cáscara de naranja pulverizada en las muestras de agua y para garantizar la máxima homogeneidad en la experimentación. De igual manera, Nathan et al. (2021) evaluó la eliminación simultánea de metales pesados del agua potable mediante la utilización de cáscara de naranja con un tiempo de contacto de 4 horas en un agitador orbital ajustado a una velocidad de 250 rpm.

Por el contrario, en el estudio de Yrigoin (2019) se desarrollaron las mediciones de las concentraciones a las 6 horas con una agitación constante de 200 rpm, obteniendo mejores resultados de remoción con la aplicación de adsorbentes de cascaras de naranjas en comparación de otros estudios con tiempo de contacto de 2 y 4 horas, logrando determinar que cuanto mayor sea el período de exposición de la aplicación del tratamiento se lograrán mayores eficiencias de expulsión ya que se alcanzarán niveles de equilibrio de estabilización en el proceso de adsorción durante el experimento en laboratorio.

Los resultados de los tratamientos demostraron una mayor eficiencia de 66.25% en la remoción de plomo con dosis de 4 g y granulometría de 0.15 mm. Mientras que, en el caso de arsénico se obtuvo una eficiencia superior de 88.77% con dosis de dosis de 8 g y granulometría de 0.15 mm. De esta manera, los tratamientos experimentales T2 y T6 fueron mejores debido a que lograron disminuir las concentraciones de los contaminantes en dosis de 4 g para plomo y 8 g para arsénico, mientras que en el caso de granulometría de 0.15 mm fue eficiente para la reducción de ambos parámetros.

Estos resultados son similares a la investigación de Abid et al., (2017) que obtuvo un mayor porcentaje de eliminación de arsénico en 98% por la cáscara de naranja carbonizada que por la cáscara de naranja natural en un 68% a una dosis óptima de biosorbente de 4 g/L. Asimismo Abad et al., (2020) obtuvo como resultados una eficiencia de remoción del 98% para arsénico con una dosificación de 4 gramos.

Por el contrario, se ha obtenido bajos niveles de remoción como el caso del estudio de Laura (2018) que reveló una tasa de evacuación de arsénico del 43,13% con la aplicación de la cáscara de naranja.

En cambio, otros estudios demostraron que a menor dosis también se puede lograr altas remociones. Por ejemplo, Amin et al. (2017) evidenció que la eliminación más alta de plomo y arsénico sucedió con dosis de 0.1 a 2 g/L y partículas de tamaño de 45  $\mu\text{m}$ , asimismo la eficiencia de eliminación de  $\text{Cu}^{+2}$  fue mayor que la de  $\text{Pb}^{+2}$  independientemente del tipo de adsorbente, en cambio,  $\text{As(V)}$  exhibió las eficiencias de eliminación más bajas. Por lo tanto, la eficiencia de eliminación de iones metálicos ligeramente superior utilizando cascaras de naranja modificada con etanol y NaOH podría atribuirse al aumento de los grupos funcionales en el adsorbente tratado químicamente.

Mientras que Irem et al. (2017) obtuvo una reducción de arsénico hasta del 90% con dosis a 1 g/L para la solución de 0.6 L y llegó a un punto de ruptura en 1 L. En cambio, se obtuvo una eficiencia de eliminación del 50% hasta el volumen tratado de 2 L y llegó al punto de agotamiento después de tratar la solución de 4 L. Esto sucedió debido a la situación que inicialmente el adsorbente de cáscara de naranja se encontraba en estado fresco y todos los sitios activos estaban disponibles para el metal. Sin embargo, con el paso del tiempo de contacto, los grupos funcionales fueron ocupados por iones metálicos y algunos de los iones metálicos comenzaron a escapar de la columna que conduce al agotamiento del biosorbente.

Por su parte, Yrigoin (2019) indicó que la presencia inicial de Arsénico fue 0,5 mg/l, y luego del tratamiento con cáscara de naranja con dosis de 3 g se disminuye el contaminante a valores de 0.005 mg/l, debido a que el impacto del preparado de desmetilación, donde la cáscara se lava en un arreglo de NaOH con agitaciones constantes, favoreciendo la regeneración de resinas de intercambio iónico, mientras que el proceso de reticulación en el que la cáscara se somete adicionalmente a lavados en una disposición de cloruro de calcio ( $\text{CaCl}_2$ ), permite la extracción de un átomo de hidrógeno de los grupos carboxílicos de las cáscaras, extendiendo sus racimos para retener mayores partículas de metales.

Por otro lado, las concentraciones elevadas también fueron eficientes en algunas investigaciones, como es el caso de Mendoza (2018) que demostró que la granulometría de 0.841 mm y peso de 10 gramos de piel de naranja permite la expulsión de plomo hasta en un 91.55%. Mientras que, Bazán y Copaja (2019) demostró que la cáscara de naranja de tamaño de partícula mayor a 850  $\mu\text{m}$  y dosis de 25 g obtuvo una remoción de 97.86% en plomo y 98.69% en arsénico. Por su parte, Fernandez et al. (2020) indicó que el contaminante de plomo mostró una tasa de evacuación más prominente de 97.34% con los tratamientos T3 y T6 compuestos por 100 gramos de naranja y una combinación de coco-naranja respectivamente.

Además, es importante destacar que las concentraciones de plomo en todos los tratamientos, tanto antes como después de la experimentación, se mantuvieron dentro de los rangos del Estándar de Calidad ambiental para Agua (ECA-agua) establecido por la entidad gubernamental del Ministerio del Ambiente, si bien es cierto, se logró disminuir las concentraciones de plomo en el agua, la eficiencia de remoción no es significativa. Por el contrario, en el caso de arsénico, a pesar de disminuir las concentraciones significativamente, los valores obtenidos luego de los tratamientos exceden los rangos ECA-agua, por lo tanto, el agua resultante del tratamiento con cascara de naranja aún no puede destinarse a su utilización segura.

En cambio, Bazán y Copaja (2019) lograron cumplir con los ECA, por lo que el agua tratada puede usarse para el riego de vegetales a partir del tratamiento con la cáscara de naranja en tamaño de partícula menor a 850  $\mu\text{m}$  y mayor a 850  $\mu\text{m}$ , las condiciones de operación más favorables fueron una dosis de 30 g y tiempo de contacto de 40 min, y de 25 g con un tiempo de contacto de 1 h, respectivamente. Por otro lado para la cáscara de maracuyá en tamaño de partícula menor a 850  $\mu\text{m}$  y mayor a 850  $\mu\text{m}$ , la dosis y tiempos óptimos fueron 15 g durante 1 h 40 min para el primero y de 10 y 15 g, con un tiempo de contacto de 2 h y 1 h 40 min respectivamente, para el segundo.

## 6. CONCLUSIONES

1. La evaluación del efecto de la granulometría y dosis de cáscara de naranja en la remoción de plomo del río Coralaque, demostró que el tratamiento 3 tuvo mayor concentración que presentó valores de 0.0156 mg/L de plomo, mientras que el Tratamiento 2 tuvo menores concentraciones en 0.0055 mg/L de plomo.
2. La evaluación del efecto de la granulometría y dosis de cáscara de naranja en la remoción de arsénico del río Coralaque, demostró que el tratamiento 1 tuvo mayor concentración que presentó valores de 2.02 mg/L de arsénico, mientras que el Tratamiento 6 tuvo menores concentraciones en 1.62 mg/L de arsénico.
3. La determinación de la eficiencia de los tratamientos demostró una mayor eficiencia de 71.60% en la remoción de plomo con dosis de 4 g y granulometría de 0.15 mm. Mientras que, en el caso de arsénico se obtuvo una eficiencia superior de 89.72% con dosis de 8 g y granulometría de 0.15 mm.
4. La evaluación el efecto de la granulometría y dosis de cáscara de naranja en la remoción de metales pesados del río Coralaque, demostró que las concentraciones de plomo en todos los tratamientos se encuentran dentro de los rangos ECA-agua, mientras que, para arsénico, a pesar de disminuir las concentraciones significativamente, los valores obtenidos luego de los tratamientos exceden los rangos ECA-agua.

## **7. RECOMENDACIONES**

1. Realizar una segunda aplicación del tratamiento más efectivo con condiciones de experimentación de 4 gramos de dosis y granulometría de 0.15 mm para obtener un valor de plomo inferior al límite de cuantificación del ECA-agua.
2. Llevar nuevas investigaciones que consideren diferentes niveles de mezcla de mezcla de agitación y diferentes tiempos de contacto en los tratamientos para la remoción de metales pesados como plomo y arsénico.
3. La aplicación de los tratamientos, los cuales deben realizarse por segunda vez hasta lograr niveles inferiores que el ECA-agua para el parámetro de arsénico.

## REFERENCIAS

- ABAD, L., CHOQUECOTA, R., MAMANI, G., TICONA, P., SANGA, M. y GUTIERREZ, I., 2020. Bioadsorción de arsénico del agua del río Locumba utilizando cáscara de naranja (*Citrus sinensis*), Tacna. *Ciencia & Desarrollo*, no. 26, pp. 41-47. ISSN 2617-6033. DOI 10.33326/26176033.2020.26.931.
- ABELLO-PASSTENI, V., ALVEAR, E.M., LIRA, S. y GARRIDO-RAMÍREZ, E., 2020. Evaluación de eco-eficiencia de tecnologías de tratamiento de aguas residuales domésticas en Chile / Eco-efficiency assessment of domestic wastewater treatment technologies used in Chile. *Tecnología y ciencias del agua*, vol. 11, no. 2, pp. 190-228. ISSN 2007-2422. DOI 10.24850/j-tyca-2020-02-05.
- ABID, M., NIAZI, N.K., BIBI, I., FAROOQI, A., OK, Y.S., KUNHIKRISHNAN, A., ALI, F., ALI, S., IGALAVITHANA, A.D. y ARSHAD, M., 2017. Arsenic(V) biosorption by charred orange peel in aqueous environments. *International Journal of Phytoremediation*, vol. 18, no. 5, pp. 442-449. ISSN 1549-7879. DOI 10.1080/15226514.2015.1109604.
- AGUILAR, M.B. y FLORES, C.P., 2018. Evaluación de la Cáscara de Naranja (*Citrus cinensis*) como material adsorbente Natural de Ion metálico Cu(II). En: Accepted: 2018-12-07T14:13:48Z, *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa* [en línea], [Consulta: 6 octubre 2022]. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/7105>.
- AHAMAD, M.I., SONG, J., SUN, H., WANG, X., MEHMOOD, M.S., SAJID, M., SU, P. y KHAN, A.J., 2020. Contamination Level, Ecological Risk, and Source Identification of Heavy Metals in the Hyporheic Zone of the Weihe River, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 17, no. 3, pp. 1070. ISSN 1660-4601. DOI 10.3390/ijerph17031070.
- AKINHANMI, T.F., OFUDJE, E.A., ADEOGUN, A.I., AINA, P. y JOSEPH, I.M., 2020. Orange peel as low-cost adsorbent in the elimination of Cd(II) ion: kinetics, isotherm, thermodynamic and optimization evaluations. *Bioresources and*



*Bioprocessing*, vol. 7, no. 1, pp. 34. ISSN 2197-4365. DOI 10.1186/s40643-020-00320-y.

AMIN, M.T., ALAZBA, A.A. y AMIN, M.N., 2017. Absorption Behaviours of Copper, Lead, and Arsenic in Aqueous Solution Using Date Palm Fibres and Orange Peel: Kinetics and Thermodynamics. *Polish Journal of Environmental Studies*, vol. 26, no. 2, pp. 543-557. ISSN 1230-1485, 2083-5906. DOI 10.15244/pjoes/66963.

ARIAS PATIÑO, L., 2019. Evaluación de la capacidad de remoción de Cr (VI) en solución con una mezcla de cáscara de naranja y cáscara de banano como bioadsorbente. *Ingeniería Ambiental y Sanitaria* [en línea], Disponible en: [https://ciencia.lasalle.edu.co/ing\\_ambiental\\_sanitaria/1112](https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/1112).

BAYUO, J., RWIZA, M. y MTEI, K., 2022. A comprehensive review on the decontamination of lead( ii ) from water and wastewater by low-cost biosorbents. *RSC Advances*, vol. 12, no. 18, pp. 11233-11254. DOI 10.1039/D2RA00796G.

BAZÁN, E.Y. y COPAJA, S.M., 2019. Eficiencia en la remoción de arsénico y plomo mediante material adsorbente a base de cáscara de naranja y maracuyá en aguas del Río Rímac, Corcona 2019. En: Accepted: 2021-05-12T19:41:54Z, *Repositorio Institucional - UCV* [en línea], [Consulta: 6 octubre 2022]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/60163>.

BONILLA, H.M., TEJADA, C. y DEL PINO, J., 2019. Obtención de isothermas de adsorción del plomo (II) del efluente minero río Anticona-Cerro de Pasco utilizando el carbón activado de cáscara de naranja. *Ciencia & Desarrollo*, no. 21, pp. 29-36. ISSN 2617-6033. DOI 10.33326/26176033.2017.21.727.

BORDA, B.E., 2022. Filtración de la cáscara de naranja, para la potabilización del agua de lluvia en las zonas rurales de San Ramón, Junín. *Revista Científica Pakamuros*, vol. 10, no. 1, pp. 91-105. ISSN 2522-3240.

CONSEJO NACIONAL DE SALUD E INVESTIGACIÓN MÉDICA, 2018. NHMRC Information Paper: Evidence on the Effects of Lead on Human Health. ,

- DEY, S., BASHA, S.R., BABU, G.V. y NAGENDRA, T., 2021. Characteristic and biosorption capacities of orange peels biosorbents for removal of ammonia and nitrate from contaminated water. *Cleaner Materials*, vol. 1, pp. 100001. ISSN 2772-3976. DOI 10.1016/j.clema.2021.100001.
- FATOKI, J.O. y BADMUS, J.A., 2022. Arsenic as an environmental and human health antagonist: A review of its toxicity and disease initiation. *Journal of Hazardous Materials Advances*, vol. 5, pp. 100052. ISSN 2772-4166. DOI 10.1016/j.hazadv.2022.100052.
- FERNÁNDEZ BAO, S., 2020. *Diseño de experimentos : diseño factorial* [en línea]. Master thesis. S.I.: Universitat Politècnica de Catalunya. [Consulta: 28 octubre 2022]. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/339723>.
- FERNANDEZ, M., FLOREZ, D., YACTAYO, M., LOVERA, D., QUISPE, J., LANDAURO, C. y PARDAVE, W., 2020. Remoción de metales pesados desde efluentes mineros, mediante cáscaras de frutas. *Aibi revista de investigación, administración e ingeniería*, vol. 8, no. 1, pp. 21-28. ISSN 2346-030X. DOI 10.15649/2346030X.627.
- FISHER, A.T., LÓPEZ-CARRILLO, L., GAMBOA-LOIRA, B. y CEBRIÁN, M.E., 2017. Standards for arsenic in drinking water: Implications for policy in Mexico. *Journal of public health policy*, vol. 38, no. 4, pp. 395-406. ISSN 0197-5897. DOI 10.1057/s41271-017-0087-7.
- HARSHA, K., SENTHIL, S. y PANDA, R.C., 2019. A review on heavy metal pollution, toxicity and remedial measures: Current trends and future perspectives. *Journal of Molecular Liquids*, vol. 290, pp. 111197. ISSN 0167-7322. DOI 10.1016/j.molliq.2019.111197.
- HASAN, M.B., AL-TAMEEMI, I.M. y ABBAS, M.N., 2021. Orange Peels as a Sustainable Material for Treating Water Polluted with Antimony. *Journal of Ecological Engineering*, vol. 22, no. 2, pp. 25-35. ISSN 2299-8993. DOI 10.12911/22998993/130632.

- HERNANDÉZ, ROBERTO y MENDOZA PAULINA, 2018. *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN: LAS RUTAS CUANTITATIVA, CUALITATIVA Y MIXTA*. México: s.n.
- HUSSAIN, A., MADAN, S., MADAN, R., HUSSAIN, A., MADAN, S. y MADAN, R., 2021. *Removal of Heavy Metals from Wastewater by Adsorption* [en línea]. S.l.: IntechOpen. [Consulta: 13 enero 2023]. ISBN 978-1-83968-122-6. Disponible en: <https://www.intechopen.com/state.item.id>.
- IREM, S., ISLAM, E., MAHMOOD KHAN, Q., ANWAR UL HAQ, M. y JAMAL HASHMAT, A., 2017. Adsorption of arsenic from drinking water using natural orange waste: kinetics and fluidized bed column studies. *Water Supply*, vol. 17, no. 4, pp. 1149-1159. ISSN 1606-9749. DOI 10.2166/ws.2017.009.
- KARAOUZAS, I., KAPETANAKI, N., MENTZAFΟΥ, A., KANELLOPOULOS, T. y SKOULIKIDIS, N., 2020. Heavy Metal Contamination Status in Greek Surface Waters; a review with application and evaluation of pollution indices. *Chemosphere*, vol. 263, pp. 128192. DOI 10.1016/j.chemosphere.2020.128192.
- KINUTHIA, G.K., NGURE, V., BETI, D., LUGALIA, R., WANGILA, A. y KAMAU, L., 2020. Levels of heavy metals in wastewater and soil samples from open drainage channels in Nairobi, Kenya: community health implication. *Scientific Reports*, vol. 10, no. 1, pp. 8434. ISSN 2045-2322. DOI 10.1038/s41598-020-65359-5.
- LAURA, V.E., 2018. Estudio de la determinación de la actividad floculante en aguas provenientes del Río Chili conteniendo As, Pb y Cr tratados con Pectina obtenidos a partir de la cáscara de naranja, limón y mandarina. En: Accepted: 2018-11-05T12:53:42Z, *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa* [en línea], [Consulta: 6 octubre 2022]. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/6884>.
- LIMA, J.M.S., SOUZA, H.D.P. de y CUNHA, J.R.M.S., 2020. Use of orange peel (citrus sinensis) in the bioabsorption of potentially toxic metals from water

resources through ICP-OES. *Ciência e Natura*, vol. 42, pp. e16-e16. ISSN 2179-460X. DOI 10.5902/2179460X41261.

MAHATO, N., AGARWAL, P., MOHAPATRA, D., SINHA, M., DHYANI, A., PATHAK, B., TRIPATHI, M.K. y ANGAIAH, S., 2021. Biotransformation of Citrus Waste-II: Bio-Sorbent Materials for Removal of Dyes, Heavy Metals and Toxic Chemicals from Polluted Water. *Processes*, vol. 9, no. 9, pp. 1544. ISSN 2227-9717. DOI 10.3390/pr9091544.

MAHATO, N., SHARMA, K., SINHA, M., BARAL, E.R., KOTESWARARAO, R., DHYANI, A., HWAN CHO, M. y CHO, S., 2020. Bio-sorbents, industrially important chemicals and novel materials from citrus processing waste as a sustainable and renewable bioresource: A review. *Journal of Advanced Research*, vol. 23, pp. 61-82. ISSN 2090-1232. DOI 10.1016/j.jare.2020.01.007.

MASINDI, V., MUEDI, K.L., MASINDI, V. y MUEDI, K.L., 2018. *Environmental Contamination by Heavy Metals* [en línea]. S.l.: IntechOpen. [Consulta: 31 octubre 2022]. ISBN 978-1-78923-361-2. Disponible en: <https://www.intechopen.com/state.item.id>.

MENDOZA QUINTOS, D.J., 2018. Efecto de la granulometría y peso de cáscara de citrus sinensis (naranja) en la remoción de plomo en aguas de la Laguna de Pias - Pataz, 2018. En: Accepted: 2019-02-05T10:36:29Z, *Universidad César Vallejo* [en línea], [Consulta: 19 octubre 2022]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/26131>.

MEZA, B. y FORTEN, J., 2018. Influencia del Ph y Granulometría de la Cáscara de Citrus Sinensis (Naranja) en la Bioadsorción de Cromo en Efluente de Etapa de Curtido, Curtiembre Ecológica del Norte. En: Accepted: 2019-01-24T16:05:54Z, *Universidad César Vallejo* [en línea], [Consulta: 28 octubre 2022]. Disponible en: <http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/2996055>.

- MOLAUDZI, N.R. y AMBUSHE, A.A., 2022. Sugarcane Bagasse and Orange Peels as Low-Cost Biosorbents for the Removal of Lead Ions from Contaminated Water Samples. *Water*, vol. 14, no. 21, pp. 3395. ISSN 2073-4441. DOI 10.3390/w14213395.
- MORONKOLA, B., GIWA-AJENIYA, A., ALEGBE, M., ESHILOKUN, A., AWOKOYA, K. y OKOH, O., 2017. The Adsorption of Divalent Metal Ions from Aqueous Media Using Unmodified Orange Peel (*Musa sapientum*) as Adsorbent. *Journal of Organic & Inorganic Chemistry* [en línea], vol. 2, no. 1. [Consulta: 13 enero 2023]. ISSN ISSN No. 2472-1123. DOI 10.21767/2472-1123.100013. Disponible en: <https://organic-inorganic.imedpub.com/abstract/the-adsorption-of-divalent-metal-ions-from-aqueous-media-using-unmodified-orange-peel-musa-sapientum-as-adsorbent-9853.html>.
- NATHAN, R.J., MARTIN, C.E., BARR, D. y ROSENGREN, R.J., 2021. Simultaneous removal of heavy metals from drinking water by banana, orange and potato peel beads: a study of biosorption kinetics. *Applied Water Science*, vol. 11, no. 7, pp. 116. ISSN 2190-5495. DOI 10.1007/s13201-021-01457-7.
- ÑAUPAS, H., VALDIVIA, R., PALACIOS, J. y ROMERO, H., 2018. *Metodología de la investigación*. 5ta. Bogotá: s.n.
- PABÓN, S.E., BENÍTEZ, R., SARRIA, R.A., GALLO, J.A., PABÓN, S.E., BENÍTEZ, R., SARRIA, R.A. y GALLO, J.A., 2020. Contaminación del agua por metales pesados, métodos de análisis y tecnologías de remoción. Una revisión. *Entre Ciencia e Ingeniería*, vol. 14, no. 27, pp. 9-18. ISSN 1909-8367. DOI 10.31908/19098367.0001.
- PACLE, S.C., SANITA, M. y LIPORADA, L., 2018. Assessing Heavy Metal Contamination in Surface Sediments in an Urban River in the Philippines. *Polish Journal of Environmental Studies*, vol. 27, no. 5, pp. 1983-1995. ISSN 1230-1485, 2083-5906. DOI 10.15244/pjoes/75204.

PRECIOUS, N., RATHILAL, S. y KWEINOR TETTEH, E., 2021. Coagulation Treatment of Wastewater: Kinetics and Natural Coagulant Evaluation. *Molecules*, vol. 26, no. 3, pp. 698. ISSN 1420-3049. DOI 10.3390/molecules26030698.

Pre-experimental Designs. En: B.B. FREY y M. JIMENEZ-BUEDO, *The SAGE Encyclopedia of Educational Research, Measurement, and Evaluation* [en línea], 2018. 2455 Teller Road, Thousand Oaks, California 91320: SAGE Publications, Inc., [Consulta: 28 octubre 2022]. ISBN 978-1-5063-2615-3. Disponible en: <https://methods.sagepub.com/reference/the-sage-encyclopedia-of-educational-research-measurement-and-evaluation/i16388.xml>.

QASEM, N.A.A., MOHAMMED, R.H. y LAWAL, D.U., 2021. Removal of heavy metal ions from wastewater: a comprehensive and critical review. *npj Clean Water*, vol. 4, no. 1, pp. 1-15. ISSN 2059-7037. DOI 10.1038/s41545-021-00127-0.

XIAO, G., WANG, Y., XU, S., LI, P., YANG, C., JIN, Y., SUN, Q. y SU, H., 2019. Superior adsorption performance of graphitic carbon nitride nanosheets for both cationic and anionic heavy metals from wastewater. *Chinese Journal of Chemical Engineering*, vol. 27, no. 2, pp. 305-313. ISSN 1004-9541. DOI 10.1016/j.cjche.2018.09.028.

YRIGOIN, K.J., 2019. Eficiencia de la pectin de cascara de naranja para disminuir la concentración de arsénico en aguas de Mórrope. En: Accepted: 2019-07-17T17:53:56Z, *Repositorio Institucional - UCV* [en línea], [Consulta: 6 octubre 2022]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/35105>.

## ANEXOS

### Anexo 01.

#### Matriz de consistencia

Título: Efecto de la granulometría y dosis de cáscara de naranja en la remoción de metales pesados del río Coralaque, 2022.						
Problemas	Objetivo	Hipótesis	Variables			
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable Independiente: Granulometría de cáscara de naranja			
			Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Escala de medición
¿Cuál es el efecto de la granulometría y dosis de cáscara de naranja ( <i>Citrus Cinensis</i> ) en la remoción de metales pesados del río Coralaque, 2022?	Evaluar el efecto de la granulometría y dosis de cáscara de naranja ( <i>Citrus Cinensis</i> ) en la remoción de metales pesados del río Coralaque, 2022.	El efecto de los niveles de granulometría de cáscara de naranja en la remoción de plomo y arsénico del río Coralaque, es positivo.	Representa el tamaño de partícula de la cáscara de naranja luego de su procesamiento (Meza y Forten 2018).	Se evaluarán dos niveles granulometría mediante un diseño con tres factores y tres repeticiones.	Granulometría	mm
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	Variable Independiente: Dosis de cáscara de naranja			
			Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Escala de medición
a). ¿Cuál es el efecto de la granulometría de cáscara de naranja en la remoción de plomo y arsénico del río Coralaque, 2022?	a). Evaluar el efecto de la granulometría de cáscara de naranja en la remoción de plomo y arsénico del río Coralaque, 2022.	a). El efecto de la granulometría de cáscara de naranja en la remoción de plomo y arsénico del río Coralaque, Moquegua es positivo con 0.15 mm.	Se refiere a la cantidad en gramos del producto de cáscara de naranja que se aplica en el tratamiento (Mendoza, 2018)	Se evaluarán tres niveles de dosis mediante un diseño con tres factores y tres repeticiones.	Dosis	g
b). ¿Cuál es el efecto de la dosis de cáscara	b). Evaluar el efecto de la dosis de	b). El efecto de la dosis de cáscara de	Variable Dependiente: Remoción de plomo y arsénico del río Coralaque			

de naranja en la remoción de plomo y arsénico del río Coralaque, 2022?	cáscara de naranja en la remoción de plomo y arsénico del río Coralaque, 2022.	naranja en la remoción de plomo y arsénico del río Coralaque es positivo con 4 gramos.	<b>Definición conceptual</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Escala de medición</b>	
					Concentración inicial	ppm	
c). ¿Cuál es la eficiencia remoción de plomo y arsénico del río Coralaque mediante la aplicación de cáscara de naranja, 2022?	c). Determinar la eficiencia remoción de plomo y arsénico del río Coralaque mediante la aplicación de cáscara de naranja, 2022.	c). La eficiencia remoción de plomo y arsénico del río Coralaque mediante la aplicación de cáscara de naranja en Moquegua es superior a 50%.			Concentración final	ppm	
				Se refiere al porcentaje de metales pesados removidos, por referencia a la concentración inicial y última de Pb, obtenida aplicando piel de naranja (Mendoza, 2018).	Se evaluará la eficiencia mediante una fórmula dada por $E = (C_i - C_f) / C_i \times 100$ .	Eficiencia	%
<b>Tipo de investigación</b>	<b>Población y muestra</b>		<b>Técnica e instrumento</b>	<b>Método de análisis de datos</b>			
Enfoque: cuantitativo Tipo: <b>aplicada</b> Nivel: <b>descriptivo</b>  Diseño: <b>experimental,</b>	<b>Población:</b> Agua contaminada por metales abrumadores como el plomo y el arsénico del río Coralaque en la provincia de Moquegua.  <b>Muestra:</b> 18 litros del agua contaminada, la cual se obtendrá mediante un muestreo aleatorio simple al azar.		<b>Técnica.</b> Observación <b>Instrumento:</b> Ficha de Observación	Estadística descriptiva e inferencial			



## Anexo 02.

### Matriz de operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
V.I: Granulometría de cáscara de naranja ( <i>Citrus Cinensis</i> )	Representa el tamaño de partícula de la piel de naranja luego de su procesamiento (Meza y Forten 2018).	Se evaluaron dos niveles granulometría mediante un diseño con dos factores y tres repeticiones.	Granulometría	mm
V.I: Dosis de cáscara de naranja ( <i>Citrus Cinensis</i> )	Se refiere a la cantidad en gramos del producto de cáscara de naranja que se aplica en el tratamiento (Mendoza, 2018)	Se evaluaron tres niveles de dosis mediante un diseño con dos factores y tres repeticiones.	Dosis	g
V.D: Remoción de plomo y arsénico del río Coralaque	Se refiere al porcentaje de metales pesados removidos, por referencia a la concentración inicial y última de Pb, obtenida aplicando piel de naranja (Mendoza, 2018).	Se evaluó la eficiencia mediante una fórmula dada por $E = (C_i - C_f) / C_i \times 100$ .	Cantidad inicial	mg/L
			Cantidad final	mg/L
			Eficiencia	%

**Anexo 03.***Concentración de plomo después del tratamiento*

Variables		Codificación		Resultados
Dosis (g)	Granulometría (mm)	Tratamientos	Repetición	Plomo (mg/L)
4	0.10	T1	1.1	0.0111
			1.2	0.0118
			1.3	0.0124
<b>Promedio</b>				0.0118
4	0.15	T4	4.1	0.0057
			4.2	0.0046
			4.3	0.0061
<b>Promedio</b>				0.0055
6	0.10	T5	4.1	0.0131
			4.2	0.0120
			4.3	0.0139
<b>Promedio</b>				0.0130
6	0.15	T2	2.1	0.0061
			2.2	0.0056
			2.3	0.0069
<b>Promedio</b>				0.0062
8	0.10	T3	3.1	0.0156
			3.2	0.0160
			3.3	0.0153
<b>Promedio</b>				0.0156
8	0.15	T6	4.1	0.0100
			4.2	0.0093
			4.3	0.0115
<b>Promedio</b>				0.0103

#### Anexo 04.

Concentración de arsénico después del tratamiento

Variables		Codificación		Resultados
Dosis (g)	Granulometría (mm)	Tratamientos	Repetición	Arsénico (mg/L)
4	0.10	T1	1.1	1.92
			1.2	2.02
			1.3	2.12
<b>Promedio</b>				2.02
4	0.15	T2	4.1	2.01
			4.2	1.91
			4.3	2.11
<b>Promedio</b>				2.01
6	0.10	T3	4.1	2.01
			4.2	1.91
			4.3	2.11
<b>Promedio</b>				2.01
6	0.15	T4	2.1	1.88
			2.2	1.78
			2.3	1.89
<b>Promedio</b>				1.85
8	0.10	T5	3.1	1.93
			3.2	2.12
			3.3	1.97
<b>Promedio</b>				2.01
8	0.15	T6	4.1	2.01
			4.2	1.91
			4.3	2.11
<b>Promedio</b>				1.62

## Anexo 05.

### Recolección de la materia prima (cascara de naranja)



Lavado y desinfección de la cascara



Secado de la cascara de naranja

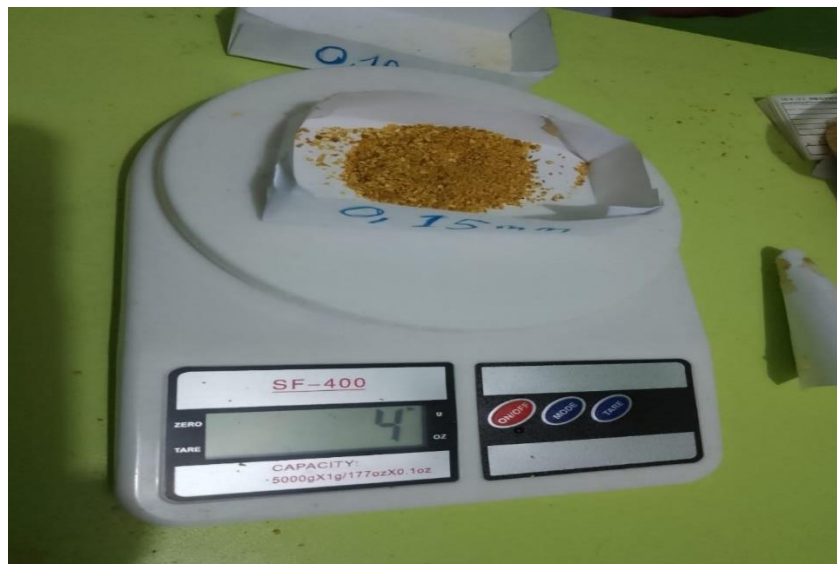


Molienda de la cascara de naranja





Proceso de tamizaje



Toma de muestra de agua del rio punto 01



Toma de muestra de agua del rio punto 02



## Rotulación de muestras





## Anexo 06. Informe de ensayos de laboratorio BHIOS.



### INFORME DE ENSAYOS N° 6306- 2022 PÁGINA 1 DE 2

**SOLICITANTE** : ALFONSO RAMOS PAREDES  
**DIRECCIÓN** : MOQUEGUA  
**PRODUCTO DECLARADO** : AGUA SUPERFICAL  
**DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO** : Líquido con sedimento de color beige.  
**CODIFICACIÓN / MARCA** : Testigo (M - 7)  
**DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE** : 28/11/2022 13:30 Coordenadas: 325352 E; 8168682 N / Procedencia: Moquegua, General Sanchez Cerro, Chojata - Rio Coralaque.  
**TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA** : 01 muestra de 100 mL aprox.  
**PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN** : En envase PET cerrado. En contenedor isotérmico a una temperatura de 5.4°C.  
**CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA** : Recibida en el Laboratorio (Envases Proporcionados)  
**CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA** : Ninguna (por ser muestra única)  
**FECHA PRODUCCIÓN** : No especificada  
**FECHA DE VENCIMIENTO** : No especificada  
**CONTRATO N°** : 1968-2022  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 30/11/2022

#### CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado , según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente (Muestra recibida en laboratorio), BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas, los resultados se aplican a la muestra tal como se recibió.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS , la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos.
- El Período de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento.
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA SUPERFICIAL Testigo (M - 7)	UNIDADES
FQ	Elemento Pb	0.0162	mg/L
FQ	Elemento As	14.40	mg/L

ABREVIATURAS:

mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Pb : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method 3111-B. Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry. Direct Air-Acetylene Flame Method. 23rd Ed. 2017.

Elemento As : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method 3114-C. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method. 23rd Ed. 2017.


OBSERVACIONES :

Cualquier valor precedido por "<" indica menor al limite de cuantificación del método

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 30/11/2022 al 10/12/2022

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 14/12/2022



  
Bgo. Miguel Valdivia Martínez  
Gerente Técnico

Fin del Informe

**INFORME DE ENSAYOS N° 6307- 2022**  
**PÁGINA 2 DE 2**

**RESULTADOS**

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA CON TRATAMIENTO I	
		Tratamiento 01 / M 1-1 / Fecha y hora de muestreo: 28-11-2022 13:35	UNIDADES
FQ	Elemento Pb	0.0111	mg/L
FQ	Elemento As	1.92	mg/L

ABREVIATURAS :  
mg/L

: Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :  
Elemento As

: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method 3114-C. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method. 23rd Ed. 2017.

Elemento Pb

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method 3111-B. Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry. Direct Air-Acetylene Flame Method. 23rd Ed. 2017.

**RESULTADOS**

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA CON TRATAMIENTO I	
		Tratamiento 02 / M 1-2 / Fecha y hora de muestreo: 28-11-2022 13:37	UNIDADES
FQ	Elemento Pb	0.0061	mg/L
FQ	Elemento As	1.88	mg/L

ABREVIATURAS :  
mg/L

: Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :  
Elemento As

: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method 3114-C. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method. 23rd Ed. 2017.

Elemento Pb

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method 3111-B. Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry. Direct Air-Acetylene Flame Method. 23rd Ed. 2017.

**RESULTADOS**

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA CON TRATAMIENTO I	
		Tratamiento 03 / M 1-3 / Fecha y hora de muestreo: 28-11-2022 13:39	UNIDADES
FQ	Elemento Pb	0.0156	mg/L
FQ	Elemento As	1.93	mg/L

ABREVIATURAS :  
mg/L

: Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :  
Elemento As

: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method 3114-C. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method. 23rd Ed. 2017.

Elemento Pb

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method 3111-B. Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry. Direct Air-Acetylene Flame Method. 23rd Ed. 2017.

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 30/11/2022 al 14/12/2022

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 14/12/2022




**Bigo. Miguel Valdivia Martínez**  
Gerente Técnico

Fin del Informe

<b>SOLICITANTE</b>	: ALFONSO RAMOS PAREDES
<b>DIRECCIÓN</b>	: MOQUEGUA
<b>PRODUCTO DECLARADO</b>	: AGUA CON TRATAMIENTO II
<b>DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO</b>	: Líquido con sedimento de color beige.
<b>CODIFICACIÓN / MARCA</b>	: Ver detalle de codificación en hoja de resultados.
<b>DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE</b>	: Coordenadas: 324813 E; 8169212 N / Procedencia: Moquegua, General Sanchez Cerro, Chojata - Rio Coralauque.
<b>TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA</b>	: 03 muestras de 100 mL c/u. aprox. para análisis FQ.
<b>PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN</b>	: En envases PET cerrados. En contenedor isotérmico a una temperatura de 5.4°C.
<b>CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA</b>	: Recibida en el Laboratorio (Envases Proporcionados)
<b>CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA</b>	: Ninguna (por ser muestra única)
<b>FECHA PRODUCCIÓN</b>	: No especificada
<b>FECHA DE VENCIMIENTO</b>	: No especificada
<b>CONTRATO N°</b>	: 1968-2022
<b>FECHA DE RECEPCIÓN</b>	: 30/11/2022

**CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:**

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado , según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente (Muestra recibida en laboratorio), BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas, los resultados se aplican a la muestra tal como se recibió.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS , la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos.
- El Período de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento.
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

**INFORME DE ENSAYOS N° 6308- 2022**  
**PÁGINA 2 DE 2**

**RESULTADOS**

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA CON TRATAMIENTO II	
		Tratamiento 04 / M 2-1 / Fecha y hora de muestreo: 28-11-2022 14:44	UNIDADES
FQ	Elemento Pb	0.0057	mg/L
FQ	Elemento As	2.01	mg/L

ABREVIATURAS :  
mg/L

: Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :  
Elemento As

: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method 3114-C. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method. 23rd Ed. 2017.

Elemento Pb

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method 3111-B. Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry. Direct Air-Acetylene Flame Method. 23rd Ed. 2017.

**RESULTADOS**

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA CON TRATAMIENTO II	
		Tratamiento 05 / M 2-2 / Fecha y hora de muestreo: 28-11-2022 14:46	UNIDADES
FQ	Elemento Pb	0.0131	mg/L
FQ	Elemento As	2.00	mg/L

ABREVIATURAS :  
mg/L

: Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :  
Elemento As

: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method 3114-C. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method. 23rd Ed. 2017.

Elemento Pb

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method 3111-B. Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry. Direct Air-Acetylene Flame Method. 23rd Ed. 2017.

**RESULTADOS**

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA CON TRATAMIENTO II	
		Tratamiento 06 / M 2-3 / Fecha y hora de muestreo: 28-11-2022 14:48	UNIDADES
FQ	Elemento Pb	0.0100	mg/L
FQ	Elemento As	1.67	mg/L

ABREVIATURAS :  
mg/L

: Miligramos por litro

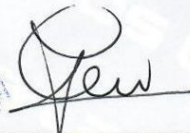
MÉTODOS UTILIZADOS :  
Elemento As

: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method 3114-C. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method. 23rd Ed. 2017.

Elemento Pb

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF. Part 3000. Method 3111-B. Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry. Direct Air-Acetylene Flame Method. 23rd Ed. 2017.

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 30/11/2022 al 14/12/2022  
FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 14/12/2022

**Bjgo. Miguel Valdivia Martínez**  
Gerente Técnico

Fin del Informe

<b>SOLICITANTE</b>	: ALFONSO RAMOS PAREDES
<b>DIRECCIÓN</b>	: MOQUEGUA
<b>PRODUCTO DECLARADO</b>	: AGUA CON TRATAMIENTO III
<b>DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO</b>	: Líquido con sedimento de color beige.
<b>CODIFICACIÓN / MARCA</b>	: Ver detalle de codificación en hoja de resultados.
<b>DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE</b>	: Coordenadas: 325352 E; 8168682 N / Procedencia: Moquegua, General Sanchez Cerro, Chojata - Rio Coralaque
<b>TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA</b>	: 03 muestras de 100 mL c/u. aprox. para análisis FQ.
<b>PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN</b>	: En envases PET cerrados. En contenedor isotérmico a una temperatura de 5.4°C.
<b>CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA</b>	: Recibida en el Laboratorio
<b>CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA</b>	: Ninguna (por ser muestra única)
<b>FECHA PRODUCCIÓN</b>	: No especificada
<b>FECHA DE VENCIMIENTO</b>	: No especificada
<b>CONTRATO N°</b>	: 1968-2022
<b>FECHA DE RECEPCIÓN</b>	: 30/11/2022

**CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:**

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado , según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente (Muestra recibida en laboratorio), BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas, los resultados se aplican a la muestra tal como se recibió.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS , la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos.
- El Periodo de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento.
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

**INFORME DE ENSAYOS N° 6309- 2022**  
**PÁGINA 2 DE 2**

**RESULTADOS**

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA CON TRATAMIENTO III	
		Tratamiento 07 / M 3-1 / Fecha y hora de muestreo: 28-11-2022 13:42	UNIDADES
FQ	Elemento Pb	0.0118	mg/L
FQ	Elemento As	2.02	mg/L

**ABREVIATURAS :**

mg/L : Miligramos por litro

**MÉTODOS UTILIZADOS :**

Elemento As : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Method 3114-C, Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method, 23rd Ed. 2017.  
Elemento Pb : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Method 3111-B, Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry, Direct Air-Acetylene Flame Method, 23rd Ed. 2017.

**RESULTADOS**

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA CON TRATAMIENTO III	
		Tratamiento 08 / M 3-2 / Fecha y hora de muestreo: 28-11-2022 13:44	UNIDADES
FQ	Elemento Pb	0.0056	mg/L
FQ	Elemento As	1.78	mg/L

**ABREVIATURAS :**

mg/L : Miligramos por litro

**MÉTODOS UTILIZADOS :**

Elemento As : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Method 3114-C, Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method, 23rd Ed. 2017.  
Elemento Pb : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Method 3111-B, Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry, Direct Air-Acetylene Flame Method, 23rd Ed. 2017.

**RESULTADOS**

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA CON TRATAMIENTO III	
		Tratamiento 09 / M 3-3 / Fecha y hora de muestreo: 28-11-2022 13:48	UNIDADES
FQ	Elemento Pb	0.0160	mg/L
FQ	Elemento As	2.12	mg/L

**ABREVIATURAS :**

mg/L : Miligramos por litro

**MÉTODOS UTILIZADOS :**

Elemento As : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Method 3114-C, Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method, 23rd Ed. 2017.  
Elemento Pb : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Method 3111-B, Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry, Direct Air-Acetylene Flame Method, 23rd Ed. 2017.

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 30/11/2022 al 10/12/2022  
FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 14/12/2022



  
Bigo. Miguel Valdivia Martínez  
Gerente Técnico

Fin del Informe

BHIOS LABORATORIOS ...calidad a su servicio

**INFORME DE ENSAYOS Nº 6310- 2022**  
**PÁGINA 1 DE 2**

**SOLICITANTE** : ALFONSO RAMOS PAREDES  
**DIRECCIÓN** : MOQUEGUA  
**PRODUCTO DECLARADO** : AGUA CON TRATAMIENTO IV  
**DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO** : Líquido con sedimento de color beige.  
**CODIFICACIÓN / MARCA** : Ver detalle de codificación en hoja de resultados.  
**DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE** : Coordenadas: 324813 E; 8169212 N / Procedencia: Moquegua, General Sanchez Cerro, Chojata - Rio Coralaque  
**TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA** : 03 muestras de 100 mL c/u. aprox. para análisis FQ.  
**PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN** : En envases PET cerrados. En contenedor isotérmico a una temperatura de 5.4°C.  
**CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA** : Recibida en el Laboratorio (Envases Proporcionados)  
**CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA** : Ninguna (por ser muestra única)  
**FECHA PRODUCCIÓN** : No especificada  
**FECHA DE VENCIMIENTO** : No especificada  
**CONTRATO Nº** : 1968-2022  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 30/11/2022

**CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:**

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado , según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente (Muestra recibida en laboratorio), BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas, los resultados se aplican a la muestra tal como se recibió.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS , la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos.
- El Periodo de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento.
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.



**INFORME DE ENSAYOS N° 6310-2022**  
**PÁGINA 2 DE 2**

**RESULTADOS**

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA CON TRATAMIENTO IV		UNIDADES
		Tratamiento 10 / M 4-1 / Fecha y hora de muestreo: 28-11-2022 14:51		
FQ	Elemento Pb		0.0046	mg/L
FQ	Elemento As		1.91	mg/L

**ABREVIATURAS :**

mg/L : Miligramos por litro

**MÉTODOS UTILIZADOS :**

Elemento As : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Method 3114-C. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method, 23rd Ed. 2017.  
Elemento Pb : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Method 3111-B. Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry, Direct Air-Acetylene Flame Method, 23rd Ed. 2017.

**RESULTADOS**

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA CON TRATAMIENTO IV		UNIDADES
		Tratamiento 11 / M 4-2 / Fecha y hora de muestreo: 28-11-2022 14:53		
FQ	Elemento Pb		0.0120	mg/L
FQ	Elemento As		1.96	mg/L

**ABREVIATURAS :**

mg/L : Miligramos por litro

**MÉTODOS UTILIZADOS :**

Elemento As : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Method 3114-C. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method, 23rd Ed. 2017.  
Elemento Pb : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Method 3111-B. Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry, Direct Air-Acetylene Flame Method, 23rd Ed. 2017.

**RESULTADOS**

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA CON TRATAMIENTO IV		UNIDADES
		Tratamiento 12 / M 4-3 / Fecha y hora de muestreo: 28-11-2022 14:55		
FQ	Elemento Pb		0.0093	mg/L
FQ	Elemento As		1.48	mg/L

**ABREVIATURAS :**

mg/L : Miligramos por litro

**MÉTODOS UTILIZADOS :**

Elemento As : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Method 3114-C. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method, 23rd Ed. 2017.  
Elemento Pb : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Method 3111-B. Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry, Direct Air-Acetylene Flame Method, 23rd Ed. 2017.

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 30/11/2022 al 10/12/2022  
FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 11/12/2022



**Bigo. Miguel Valdivia Martínez**  
**Gerente Técnico**

Fin del Informe

**INFORME DE ENSAYOS N° 6311 - 2022**  
**PÁGINA 1 DE 2**

**SOLICITANTE** : ALFONSO RAMOS PAREDES  
**DIRECCIÓN** : MOQUEGUA  
**PRODUCTO DECLARADO** : AGUA CON TRATAMIENTO V  
**DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO** : Líquido con sedimento de color beige.  
**CODIFICACIÓN / MARCA** : Ver detalle de codificación en hoja de resultados.  
**DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE** : Coordenadas: 325352 E; 8168682 N / Procedencia: Moquegua, General Sanchez Cerro, Chojata - Rio Coralaque  
**TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA** : 03 muestras de 100 mL c/u. aprox. para análisis FQ.  
**PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN** : En envases PET cerrados. En contenedor isotérmico a una temperatura de 5.4°C.  
**CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA** : Recibida en el Laboratorio (Envases Proporcionados)  
**CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA** : Ninguna (por ser muestra única)  
**FECHA PRODUCCIÓN** : No especificada  
**FECHA DE VENCIMIENTO** : No especificada  
**CONTRATO N°** : 1968-2022  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 30/11/2022

**CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:**

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado , según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente (Muestra recibida en laboratorio), BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas, los resultados se aplican a la muestra tal como se recibió.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS , la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos.
- El Período de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento.
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

**INFORME DE ENSAYOS Nº 6311 - 2022**  
**PÁGINA 2 DE 2**

**RESULTADOS**

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA CON TRATAMIENTO V	
		Tratamiento 13 / M 5-1 / Fecha y hora de muestreo: 28-11-2022 13:59	UNIDADES
FQ	Elemento Pb	0.0124	mg/L
FQ	Elemento As	2.12	mg/L

**ABREVIATURAS :**

mg/L : Miligramos por litro

**MÉTODOS UTILIZADOS :**

Elemento As : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Method 3114-C. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method, 23rd Ed. 2017.  
Elemento Pb : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Method 3111-B. Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry, Direct Air-Acetylene Flame Method, 23rd Ed. 2017.

**RESULTADOS**

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA CON TRATAMIENTO V	
		Tratamiento 14 / M 5-2 / Fecha y hora de muestreo: 28-11-2022 13:52	UNIDADES
FQ	Elemento Pb	0.0069	mg/L
FQ	Elemento As	1.89	mg/L

**ABREVIATURAS :**

mg/L : Miligramos por litro

**MÉTODOS UTILIZADOS :**

Elemento As : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Method 3114-C. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method, 23rd Ed. 2017.  
Elemento Pb : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Method 3111-B. Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry, Direct Air-Acetylene Flame Method, 23rd Ed. 2017.

**RESULTADOS**

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA CON TRATAMIENTO V	
		Tratamiento 15 / M 5-3 / Fecha y hora de muestreo: 28-11-2022 13:54	UNIDADES
FQ	Elemento Pb	0.0153	mg/L
FQ	Elemento As	1.97	mg/L

**ABREVIATURAS :**

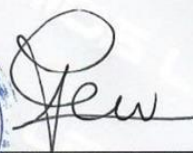
mg/L : Miligramos por litro

**MÉTODOS UTILIZADOS :**

Elemento As : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Method 3114-C. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method, 23rd Ed. 2017.  
Elemento Pb : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000, Method 3111-B. Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry, Direct Air-Acetylene Flame Method, 23rd Ed. 2017.

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 30/11/2022 al 10/12/2022

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 14/12/2022

**Bigo, Miguel Valdivia Martínez**  
Gerente Técnico

Fin del Informe

**INFORME DE ENSAYOS N° 6312- 2022**  
**PÁGINA 1 DE 2**

**SOLICITANTE** : ALFONSO RAMOS PAREDES  
**DIRECCIÓN** : MOQUEGUA  
**PRODUCTO DECLARADO** : AGUA CON TRATAMIENTO VI  
**DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO** : Líquido con sedimento de color beige.  
**CODIFICACIÓN / MARCA** : Ver detalle de codificación en hoja de resultados.  
**DATOS DECLARADOS POR EL CLIENTE** : Coordenadas: 324813 E; 8169212 N / Procedencia: Moquegua, General Sanchez Cerro, Chojata - Río Coralauque  
**TAMAÑO DE MUESTRA RECIBIDA** : 03 muestras de 100 mL c/u. aprox. para análisis FQ.  
**PRESENTACIÓN, ESTADO Y CONDICIÓN** : En envases PET cerrados. En contenedor isotérmico a una temperatura de 5.4°C.  
**CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA** : Recibida en el Laboratorio (Envases Proporcionados)  
**CONTRAMUESTRA Y PERIODO DE CUSTODIA** : Ninguna (por ser muestra única)  
**FECHA PRODUCCIÓN** : No especificada  
**FECHA DE VENCIMIENTO** : No especificada  
**CONTRATO N°** : 1968-2022  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 30/11/2022

**CONDICIONES DE USO DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS:**

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la Muestra analizada / el Lote muestreado , según sea el caso.
- No deben inferirse a la Muestra analizada o al Lote muestreado otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente (Muestra recibida en laboratorio), BHIOS LABORATORIOS no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas, los resultados se aplican a la muestra tal como se recibió.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por BHIOS LABORATORIOS , la presentación, estado y condición del lote corresponden a las encontradas al momento del muestreo.
- Los datos declarados por el cliente son consignados a solicitud expresa del mismo cliente y no son necesariamente verificados por el Laboratorio, por lo que BHIOS LABORATORIOS no asume responsabilidad por el uso de los mismos.
- El Período de Custodia es dependiente del tipo de ensayo y de la disponibilidad de la Muestra.
- BHIOS LABORATORIOS no guarda contramuestras de productos perecibles o de productos cuyas características pudieran variar durante el almacenamiento.
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad del productor.
- Está terminantemente prohibida la reproducción parcial de este Informe de Ensayos sin el conocimiento y la autorización escrita de BHIOS LABORATORIOS.
- Cualquier modificación, borrón o enmienda, anula el presente Informe de Ensayos.

**INFORME DE ENSAYOS N° 6312- 2022**  
**PÁGINA 2 DE 2**

**RESULTADOS**

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA CON TRATAMIENTO VI		UNIDADES
		Tratamiento 16 / M 6-1 / Fecha y hora de muestreo: 28-11-2022 14:58		
FQ	Elemento Pb		0.0061	mg/L
FQ	Elemento As		2.11	mg/L

ABREVIATURAS :  
mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :  
Elemento As : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000. Method 3114-C. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method. 23rd Ed. 2017.  
Elemento Pb : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000. Method 3111-B. Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry. Direct Air-Acetylene Flame Method. 23rd Ed. 2017.

**RESULTADOS**

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA CON TRATAMIENTO VI		UNIDADES
		Tratamiento 17 / M 6-2 / Fecha y hora de muestreo: 28-11-2022 15:00		
FQ	Elemento Pb		0.0139	mg/L
FQ	Elemento As		2.06	mg/L

ABREVIATURAS :  
mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :  
Elemento As : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000. Method 3114-C. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method. 23rd Ed. 2017.  
Elemento Pb : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000. Method 3111-B. Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry. Direct Air-Acetylene Flame Method. 23rd Ed. 2017.

**RESULTADOS**

LAB	DETERMINACIÓN	AGUA CON TRATAMIENTO VI		UNIDADES
		Tratamiento 18 / M 6-3 / Fecha y hora de muestreo: 28-11-2022 15:02		
FQ	Elemento Pb		0.0115	mg/L
FQ	Elemento As		1.70	mg/L

ABREVIATURAS :  
mg/L : Miligramos por litro

MÉTODOS UTILIZADOS :  
Elemento As : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000. Method 3114-C. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method. 23rd Ed. 2017.  
Elemento Pb : Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA-AWWA-WEF, Part 3000. Method 3111-B. Metals by Flame Atomic Absorption Spectrometry. Direct Air-Acetylene Flame Method. 23rd Ed. 2017.

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 30/11/2022 al 10/12/2022  
FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 14/12/2022



Blgo. Miguel Veldivia Martínez  
Gerente Técnico

Fin del Informe



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

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

Yo, MEDARDO ALBERTO QUEZADA ALVAREZ, 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: "Efecto de la granulometría y dosis de cáscara de naranja en la remoción de metales pesados del río Coralaque, 2022", cuyos autores son RAMOS PAREDES ALFONSO, ASENCIO MAMANI JOEL ALEXANDER, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 16.00%, 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, 06 de Febrero del 2023

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
MEDARDO ALBERTO QUEZADA ALVAREZ <b>DNI:</b> 18110481 <b>ORCID:</b> 0000-0002-0215-5175	Firmado electrónicamente por: MAQUEZADAA el 18- 02-2023 12:42:26

Código documento Trilce: TRI - 0531400