



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**“Biofiltro para remoción de arsénico, río Moche empleando  
5gr/l, 7gr/l de polvo de cascara de frijol- Shorey- La Libertad-  
2021”**

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

**AUTOR:**

Burgos Valderrama, Jhonatan Aldair (ORCID: 0000-0003-4878-5321)

**ASESOR:**

Mgtr. Monja Ruiz, Pedro Emilio (ORCID: 0000-0002-4275-763X)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de obras hidráulicas y saneamiento

CHIMBOTE – PERÚ

2021

## **DEDICATORIA**

Dedico esta investigación a Dios y mi familia que siempre me apoyó de manera incondicional, en especial a mis padres y mi hermana que son los que creyeron en mí y en lo que podía lograr, enseñándome el esfuerzo y dedicación que se debe poner en todo lo que se realiza, formándome con valores y motivándome para alcanzar mis metas.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios y la Virgencita de la Puerta que manteniendo la fé intacta hacia ellos me iluminan y ahora me permiten culminar esta investigación y etapa de la universidad.

A mis padres por enseñarme que en la vida todo se puede teniendo ganas de salir adelante y trabajo arduo, por el apoyo incondicional que siempre tuvieron hacia mi durante toda esta etapa, por sus enseñanzas y amor infinito que siempre me mantienen en el camino correcto.

A mi hermana que con su amor me llena de felicidad y ganas de salir adelante siendo uno de los motores principales de no rendirme.

A mi familia por el apoyo de siempre, los consejos y las motivaciones que siempre me ayudan a seguir.

A mis amigos que estuvieron siempre en esta etapa apoyándonos mutuamente para lograr el objetivo.

## ÍNDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE	iv
ÍNDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
III. METODOLOGÍA	11
3.1 Tipo y diseño de investigación	11
3.2. Variables y operacionalización	12
3.3 Población, muestra y muestreo.	13
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.	14
3.5 Procedimientos.	15
3.6 Método de análisis de datos.	17
3.7 Aspectos éticos	17
IV. RESULTADOS	19
V. DISCUSIÓN	30
VI. CONCLUSIONES	34
VII. RECOMENDACIONES	35
REFERENCIAS	36
ANEXOS	1

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla N° 01.</b> Caracterización de muestra patrón.	17
<b>Tabla N° 02</b> Ensayo físico del agua del rio Moche.	18
<b>Tabla N° 03.</b> FLOURECENCIA DE RAYOS X de la cascara de frijol.	21
<b>Tabla N° 04:</b> Remoción de arsénico antes y después de aplicar el biofiltro con polvo de cascara de frijol, en las aguas del río Moche – La Libertad, 2021.	27
<b>Tabla N° 05.</b> Barrido de metales para muestra experimental 01.	
<b>Tabla N° 06.</b> Barrido de metales para muestra experimental 02.	
<b>Tabla N° 07</b> Ensayo físico de la muestra 01 del rio Moche.	
<b>Tabla N° 08</b> Ensayo físico de la muestra 02 del rio Moche.	
<b>Tabla N° 09</b> <i>Prueba T en programa SPSS.</i>	
<b>Tabla N° 10</b> <i>Estadísticas de muestras emparejadas.</i>	
<b>Tabla N° 11</b> <i>Correlaciones de muestras emparejadas.</i>	
<b>Tabla N° 12</b> <i>Cuadro de prueba de muestras emparejadas.</i>	

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura N° 01.</b> Curva periódica de masa – análisis termogravimétrico.	19
<b>Figura N° 02.</b> Curva calométrica ATD	20
<b>Figura N° 03.</b> Gráfico de barras de cantidad de arsénico de las muestras ensayadas	22
<b>Figura N° 04.</b> Gráfico de barras de cantidad de pH de las muestras ensayadas	23
<b>Figura N° 05.</b> Gráfico de barras de la conductividad de las muestras ensayadas	24
<b>Figura N° 06.</b> Gráfico de barras de cantidad de S.S.T de las muestras ensayadas	25
<b>Figura N° 07.</b> Gráfico de barras de cantidad de turbidez de las muestras ensayadas	26
<b>Figura N°08:</b> Recolección de muestras de agua	
<b>Figura N°09:</b> Recolección de cascara de frijol y secado	
<b>Figura N°10:</b> Activación térmica de la cascara de frijol	
<b>Figura N°11:</b> Elaboración de biofiltro	
<b>Figura N° 12:</b> Efluencia de Rayos x a ceniza de cascara de frijol	
<b>Figura N° 13:</b> Barrido de metales muestra patrón	
<b>Figura N° 14:</b> Barrido de metales muestra 01	
<b>Figura N° 15:</b> Barrido de metales muestra 02	
<b>Figura N° 16:</b> Ensayo físico químico del material	

## RESUMEN

El proyecto de investigación consistió en la remoción de arsénico usando la cascará de frijol mediante la adsorción, donde se probó 2 dosis diferentes de (5 gr/l, 7gr/l). El proceso consistió en evaluar las aguas del río Moche en un punto crítico previamente analizado por la ANA. Asimismo, para poder demostrar que dicho material puede remover el arsénico realizamos pruebas de las muestras obtenidas del agua del río Moche y del mismo modo del agua tratada para poder tener conocimiento del porcentaje de remoción. La metodología utilizada es experimental, consiste en activar térmicamente la cáscara de frijol siendo calcinada a 370° en un tiempo determinado. El proceso de absorción se realizó por medio de un biofiltro, el tiempo de contacto para cada dosis de bioadsorbentes fue de 45 minutos. Los resultados obtenidos indicaron que la concentración inicial de arsénico es 4.277 mg/L la cual después del tratamiento en diferentes dosis aplicadas de cáscara de frijol mostraron como resultados un cambio importante en el nivel de concentración de arsénico siendo menores a 0.005 mg/L concluyendo así que al utilizar la cáscara de frijol como bioadsorbente el agua tratada cumple los estándares de calidad dadas por el Ministerio del Ambiente.

Palabras clave: Biofiltro, remoción de arsénico, adsorción

## ABSTRACT

The research project consisted of the removal of arsenic using the bean husk through adsorption, where 2 different doses of (5 gr / l, 7gr / l) were tested. The process consisted of evaluating the waters of the Moche River at a critical point previously analyzed by the ANA. Likewise, in order to demonstrate that said material can remove arsenic, we performed tests on the samples obtained from the water of the Moche River and, in the same way, from the treated water in order to know the percentage of removal. The methodology used is experimental, it consists of thermally activating the bean husk being calcined at 370 ° in a given time. The absorption process was carried out by means of a biofilter, the contact time for each dose of bioadsorbents was 45 minutes. The results obtained indicated that the initial arsenic concentration is 4,277 mg / L which after treatment in different applied doses of bean shell showed as results an important change in the level of arsenic concentration being less than 0.005 mg / L thus concluding that by using the bean shell as a bioadsorbent, the treated water meets the quality standards set by the Ministry of the Environment.

Keywords: Biofilter, arsenic removal, adsorption



## I. INTRODUCCIÓN

Existe un gran interés a nivel mundial por la cantidad de arsénico que existe en el agua, ya que este contaminante genera enfermedades, tales como intoxicación, envenenamiento y hasta cáncer en la población.

En el Perú, el deterioro de la calidad del agua es cada vez mayor siendo uno de los problemas más graves del Perú, esto hace que sea ineficiente el uso de este recurso en el abastecimiento en cantidad y calidad. El Perú tiene una prolongada área de zonas rurales donde carece de agua potable y se utiliza el agua de diversas fuentes sin ningún control de estándares de calidad. El arsénico inorgánico que existe en el agua resulta ser muy tóxico y acumulativo, que generan consecuencias rigurosas en las personas. En las zonas donde no existe control de calidad del agua se torna muy grave al tener como abastecedor de agua a fuentes puntuales, los cuales su análisis está fuera del alcance de las instituciones controladoras. (Avendaño, 2010). La participación de la dirección de gestión de la calidad de recursos hídricos (DGCRH) la autoridad nacional del agua (ANA) llevó a cabo el monitoreo participativo de la calidad del agua en la cuenca del río Moche con la finalidad de evaluar su estado actual. Se registró que el agua del río Moche está contaminada por metales los cuales se incrementan debido a la presencia de la minería. En la cual tomaron diferentes puntos, pero se muestra que en cada punto donde se hizo el monitoreo se presenta arsénico.

De acuerdo a la visita de campo el sector del centro poblado Shorey se abastece de agua potable cuya fuente es el río Moche, la cual las aguas superficiales se encuentran en mal estado otorgando una mala calidad de consumo de agua a los pobladores; la contaminación por arsénico es uno de los problemas ambientales más exigentes de hoy.

La investigación realizada presenta como actúa la ceniza de cascara de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) mediante un biofiltro que fue diseñado de acuerdo a la población de la localidad de Shorey, el agua de Río Moche, el cual está contaminada con diferentes metales pesados.

Al ser el arsénico un metal con altas propiedades negativas cuando está en el agua y al ser consumidas causa diferentes enfermedades, es por ello que se realiza la propuesta de un biofiltro con cenizas de cáscara de frijol para el tratamiento previo del agua del río Moche.

Por ello se plantea la **formulación del problema** ¿En qué medida se reducirá la cantidad de arsénico de aguas de río moche empleando 5 gr/l 7 gr/l de polvo de la cáscara de frijol en la localidad de Shorey - La Libertad -2021?

Por esta razón describo a continuación la **justificación teórica**, teniendo presente que esta investigación, se brinda como una opción técnica y económicamente factible, que permitirá la remoción de arsénico con insumos agrícolas comerciales, teniendo como objetivo mejorar la calidad del agua de acuerdo a los límites permisibles establecidos en la norma peruana utilizando cenizas de cáscara de frijol activadas térmicamente. **Justificación social**, al ser la cáscara de frijol un material agrícola que no tiene uso y ser un biomaterial económico y fácil de conseguir debido a la abundancia de cosechas existentes, no generar contaminación y ser un material renovable se eligió la cáscara de frijol para la remoción de arsénico, este proyecto aporta en la parte hidráulica, ambiental y económica, al ser un proyecto innovador que beneficiara a los sectores donde el agua está contaminada con metales pesados como el arsénico. **Justificación económica**, debido a que el agua tratada químicamente es muy costosa y el carbón activo es muy útil, la presente tesis podría facilitar nuevas alternativas para la eliminación de arsénico presentado en el agua, con el fin de tener un adsorbente de bajo costo que beneficiara a las poblaciones de bajos recursos económicos.

Finalmente, por otra parte, esta situación exigirá que se desarrollen métodos sencillos y de bajo costo para la eliminación de arsénico a partir de las aguas superficiales.

Esta investigación presenta como su **objetivo general** determinar la remoción óptima de arsénico en el río moche utilizando 5 gr/l, 7 gr/l de polvo de la cáscara de frijol mediante biofiltro, en la localidad de Shorey - La Libertad - 2021 En este proceso se desarrollaron los siguientes **objetivos específicos**: Caracterización del agua (barrido de metales, ensayo físico - químico); determinar la temperatura

de calcinación de la cáscara de frijol mediante el Análisis térmico diferencial (ATD); Determinar la composición química de la cáscara de frijol mediante el ensayo de Fluorescencia de rayos X (EFRX); determinar las diferencias de las cantidades de arsénico existente en el agua de río Moche antes y después de aplicar la ceniza de cáscara de frijol.

La **hipótesis** de la tesis quedó determinada de la siguiente manera: Al utilizar 5 gr/l y 7 gr/l de polvo de la cáscara de frijol, mediante un biofiltro se logrará adsorber una cantidad significativa de arsénico de agua del río Moche en la localidad de Shorey - La Libertad -2021.

## II. MARCO TEÓRICO

Se sugieren algunos antecedentes similares a la investigación. Tal como lo indica

**A nivel internacional**, TEJEDA, C, VILLABONA, A, RUIZ, V (Cartagena 2012), presentaron un artículo que tiene como título, Biomasa residual para remoción de mercurio y cadmio: una revisión, investigan los diferentes residuos agrícolas que sirven como bioadsorbentes en las aguas contaminadas, teniendo como uno de sus resultados al residuo de frijol mungo que logra la eliminación máxima de 35.41mg/g con un pH de 5.0, a una concentración de Cd<sup>2+</sup> inicial de 500 mg/l y 5 g/l de dosis de adsorbente, concluyendo en su artículo que el mayor adsorbente de metales pesados es la cascara de arroz.

Quiñones, E, et al (Colombia 2013). En su artículo de investigación. Remoción de plomo y níquel en soluciones acuosas usando biomasa lignocelulósicas, realizaron una búsqueda mediante el software ScienceDirect con palabras clave, tales como biosorption, adsorption, remotion, heavy metal. Las investigaciones fueron clasificadas, teniendo en cuenta sean de seis años últimos y que, en la revista o artículo presentado, se realizara con biomasa de residuos vegetales. Los resultados obtenidos presentaron diferentes biomasa vegetales entre ellas que la cáscara de frijol remueve cadmio y arsénico en un Pseudo 2do Orden.

FRANCO, J (Colombia 2014), presento una tesis titulada. Evaluación de la vaina de frijol cargamanto rojo como material biosorbente en la remoción de Cadmio

presentes en soluciones acuosas, el cual tuvo como principal objetivo hacer la evaluación como biosorbente a la cascara de frijol cargamento rojo removiendo cadmio ( $\text{Cd}^{2+}$ ) que se encuentran en soluciones acuosas, en esta investigación se utilizó 50 y 100 ppm de  $\text{Cd}^{2+}$  y 4 y 8 niveles de Ph. Por 1 gramo de VFRC. Los resultados mostraron que la vaina de frijol cargamento rojo tiene una capacidad de remoción de 2,292 mg/g el cual representa el 91.7%, teniendo como conclusiones que la VFRC es útil en la remoción de metales.

SEPULVEDA, C, (México 2014) presento una tesis titulada, Producción de carbón activado a partir de la cascara de frijol de soya para su aplicación como adsorbente en el tratamiento de aguas residuales contaminadas con colorante verde de malaquita, realizo como su objetivo principal el desarrollar carbón activado mesoporoso mediante cascara de frijol activándolo químicamente para tratar aguas contaminadas, el carbón fue activado a  $650^\circ$  por 180 minutos y impregnación de 1:1g  $\text{ZnCl}_2$ : Precursor, luego de realizar el procedimiento en el estudio de jarras se obtuvo una adsorción de 18.76% concluyendo así que la cascara de frijol al ser activado y convertido en carbón es un alto adsorbente de aguas residuales contaminadas por colorante verde de malaquita.

ESTUPIÑAN, L (Colombia 2014), presento una tesis llamada, Evaluación de la vaina de frijol como material adsorbente en un sistema que opera en modo semibatch para la remoción de cadmio presente en soluciones acuosas, su objetivo fue hacer la evaluación de la vaina de frijol como adsorbente de cadmio en soluciones acuosas, se realizaron 13 muestras experimentales de distintos caudales de 1.38 a 5.62ml/min. Los resultados obtenidos de esta investigación muestran la variación entre 81.3% hasta 89.19% de remoción con altura de 5 cm a 11.04 cm y su caudal de 5ml/min de 3.5 ml/min respectivamente. Concluyendo que, a la altura mayor del material, mayor será el tiempo de ruptura.

PICOS, L et al (México 2020), presentan un artículo, Enfoque respetuoso con el medio ambiente para el tratamiento de aguas residuales agrícolas crudas y agua de rio mediante floculación utilizando quitosano y harina de paja de frijoles como biofloculantes, estudiando a las aguas residuales de Sinaloa con las biomásas antes mencionadas con el estudio de jarras, este artículo muestra como resultados que la harina de paja de frijol es efectiva crecidamente para la

remoción de aguas residuales con contaminantes, la biomasa arrastró a la separación del 40% de Mn en las muestras obtenidas de las aguas del río Sinaloa.

**A nivel nacional**, TRELLES, J (Lima 2013), en su tesis presentada, Biosorción de arsénico en medio acuoso empleando biomazas vegetales inertes, tuvo el objetivo principal, identificar la factibilidad de biomazas inertes para la biosorción de arsénico en medio acuoso. La investigación realizada fue de tipo experimental y la metodología utilizada por Trelles fue 8 tipos de biomazas e identificó algunos factores que influyen durante el proceso, los resultados que consiguió durante la investigación fue que las especies presentaron una capacidad para remover, entre 23.1% y 78.9%, siendo el más alto el frijol con un 78.9% de remoción.

SALAZAR, B, (Arequipa 2017), en su tesis presentada, Evaluación del proceso de biosorción de Pb(ii) y cd (ii) en aguas utilizando el residuo agrícola de *Phaseolus vulgaris l.* (frijol), teniendo como objetivo la evaluación de la biomasa como biosorbente, utilizando una metodología experimental cuantitativa en la cual se utilizó Ph DE 2.5 A 5 y 1 a 10 mg/L como concentración inicial para 5 a 10 g/L de biosorbente, los resultados mostraron que hubo una remoción de 87.70% de Cd(ii) y 95.58% de remoción de Pb(ii), con Ph DE 4.3 Y 9.14 mg/L como concentración inicial y 7.4 g/L de residuo agrícola.

Así mismo, MERMA, V (Juliaca 2018), en la investigación realizada Remoción de mercurio a través de la bioadsorción con biomazas de vaina de frijol (*Phaseolus vulgaris*) y tara (*Caesalpinia spinosa*) en soluciones acuosas, 2018, el cual tuvo el objetivo saber la cantidad removida de mercurio a través de la bioadsorción". La investigación se realizó de modo experimental y el diseño de la investigación obtuvo un total de 24 unidades experimentales utilizando un arreglo factorial 2x2x2, haciendo tres repeticiones por 8 tratamiento, teniendo como resultados que se logró remover hasta 0.102 mg/L de mercurio que era al 90 % con la biomasa de frijol y del mismo modo de removió 0.209 mg/L de mercurio que equivalía al 79 % con la biomasa de tara.

GUTIERREZ, A, IBAÑEZ, Y, (Trujillo 2020), con su investigación realizada, Eficiencia de vaina de *Phaseolus Vulgaris* y cascara de *Citrus Sinenses* en la

biosorción de arsénico del agua del río Moche, siendo una investigación experimental puro, el cual tuvo como objetivo principal el poder determinar cuan eficiente es la cascara de frijol como biosorbente, en esta investigación utilizaron 400 ml de agua extraída del río, teniendo una concentración inicial de 7.058 mg/L de Arsénico, mediante el método del test de jarras y utilizando 10, 7 y 5 g de cascara de frijol se obtuvo resultados un porcentaje de 85% de biosorción siendo la concentración final 1.058 mg/L de arsénico.

La contaminación del agua se refiere a los ríos, mares, etc., se encuentran con varios tipos de sustancias químicas que no están dentro de su composición, éstas mismas hacen modificar sus propiedades lo cual hace que el agua se vuelva dañina e inútil para el consumo humano, la agricultura y recreación.

De acuerdo a varias organizaciones del mundo, más de 2,2 millones de habitantes por año mueren a causas del consumo de agua contaminada, esto llegaría a ser el 3,1 %, asimismo estas organizaciones pronostican la insuficiencia de agua potable en el mundo

De acuerdo al Ministerio del ambiente (2015), uno de los problemas graves del Perú es que el agua va deteriorando su calidad, esto limita su potencia para ser utilizada y genera dificultad en cuanto al abastecimiento a la población, así mismo genera que algunas especies y hábitats se deterioren, sus principales causas son que tanto domésticamente como industrialmente se vierten efluentes en el agua. El tratamiento de aguas residuales suele ser deficiente e insuficiente siendo las más principales el origen minero, pesqueros y agrarios.

De acuerdo a Romero A, Flores S. & Pacheco W. teóricamente se puede medir lo que sufre el agua al ser contaminado por metales al igual que las partículas que se encuentran suspendidas y sedimentos. Por otro lado, cuando se hace un estudio práctico no se tiene claro el grado de contaminación del agua; existen factores como la variación del caudal y diferentes ponderaciones de zonas que causan cambios fuertes temporalmente en los valores de contaminación. En un lapsus de aproximadamente 24 horas las concentraciones de metales pesados varían, mientras que los iones que son principales como  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$  y  $\text{Na}^+$  tienen un cambio mínimo haciendo un variación gradual

Arsénico: La OMS (2018), En la corteza terrestre existe el arsénico que es un elemento natural, este puede estar en el aire, agua o tierra ampliamente distribuido. El arsénico cuando toma forma inorgánica llega a ser muy tóxico, si se utiliza en preparar alimento o regar cultivos cuando el agua esta con alta concentración de arsénico puede ocasionar intoxicación crónica, generar cáncer en la piel y lesiones cutáneas.

Enfermedades causadas por el arsénico: Según UNESCO (2007): Las enfermedades cardiovasculares y el desarrollo mental son causados por el arsénico llegó a la conclusión de que el arsénico es carcinógeno Grupo A, conocida para desencadenar la piel, la vejiga y los cánceres de pulmón y por lo tanto se ha convertido en una metáfora de veneno. As (III) es más tóxicos y más difíciles de eliminar con los métodos de tratamiento físico-químicas aplicadas convencionalmente que como (V), por ejemplo, Según la Organización Mundial de la Salud, en el país de Bangladesh, el arsénico se concentra en aguas subterráneas teniendo una concentración aproximada de 1,8 mg/litro haciendo que más de 30 millones se vean afectadas por estas aguas.

La Organización Mundial de Salud, 2012, nos indica que los síntomas que genera la intoxicación por arsénico pueden ser agudos tales como dolor abdominal, vómitos y diarrea, después de estos síntomas pueden surgir efectos como hormigueo en las manos y pies, calambres musculares, como también en casos altamente extremos, la muerte. Del mismo modo hay síntomas que aparecen a largo plazo que son generados por exposición prolongada a niveles de arsénico al consumir agua o alimentos contaminados por este material, dichos síntomas pueden ser callosidades, lesiones cutáneas en la piel de manos y pies que incluyen cambios de pigmentación, las exposiciones durante aproximadamente cinco años pueden generar incluso cáncer en la piel, vejiga y pulmón. El centro internacional de investigaciones de cáncer (CIIC) nos dice que el arsénico y sus compuestos está clasificado como elementos cancerígenos para los seres humanos.

Sustancias que contaminan con arsénico: Según Alvarado et al., (2008): Su presencia en el medio ambiente está relacionado no sólo con depósitos volcánicos, fuentes geotérmicas y las rocas sedimentarias, sino también para

varias actividades antropogénicas incluyendo la fabricación de plaguicidas, la producción de conservantes de la madera, industria del vidrio, la producción de semiconductores y la pigmentación, asimismo la UNESCO en el 2005 nos dice que el arsénico es generado por la minería, centrales eléctricas y la fundición de minerales.

En el Perú se realizó un estudio para saber la cantidad de agua con arsénico inorgánico consumida, dicho estudio lo realizó la Organización Mundial de la Salud, donde nos da un resultado aproximado de 1,6 millones de habitantes que consumen este mineral contaminado. Fueron investigados 151 fuentes de agua como muestra, que estaban ubicadas en 12 distritos. Del mismo modo en las aguas arriba de la cuenca del río Rímac una encuesta mostro que sus aguas estaban afectadas por la contaminación de arsénico hasta en un 31mg/l.

Los estándares nacionales de calidad ambiental (eca) para el agua nos muestran la cantidad estándar de arsénico en agua potable según la ECA – 2017 (**Anexo N°1**)

Los residuos agrícolas como biosorbentes: En los últimos años diversos residuos agrícolas son estudiados como biosorbentes que generan un costo mínimo, siendo una opción factible en la remediación de agua potable y residual, llevando a un lado al carbón activado y resinas de intercambio iónico. Al ser los residuos agrícolas una fuente con disponibilidad renovable, con abundancia, bajo costo y siendo efectivos, nos permite tener una producción de carbón activado por el bajo contenido de cenizas y dureza justa hace que estos residuos agrícolas sean una opción esperanzadora para resolver los problemas ambientales del mismo modo que reducir costos al ser preparados.

Los residuos sólidos agrícolas como bioadsorbentes tienen la ventaja porque se producen en grandes cantidades, además estas son económicas y tienen la capacidad de adsorber contaminantes del agua debido a que presentan grupos químicos activos en su estructura (Anónimo, 2010). Los residuos agrícolas contienen hemicelulosa, lignina, lípidos, tanino, azúcares, proteínas, agua, hidrocarburos, almidón, estos ayudan a que el adsorbente mejore su capacidad de adsorción y tenga distintos grupos funcionales (Montes, 2014).



Para profundizar lo mencionado anteriormente, se han realizado durante los últimos años variados estudios basados en remoción de metales pesados existentes en las aguas, teniendo como bioadsorbente y biomasas a los residuos agrícolas, los cuales logran resultados eficientes, teniendo un rendimiento óptimo y alta capacidad de adsorción (Otazo, Gordillo, Prieto, & Coronel, 2011).

Residuo de *Phaseolus vulgaris* L. (FREJOL): Al extraer el frejol de las plantas en lo que se llama cosecha, se genera un residuo agrícola que consta de las vainas de la planta. Este residuo como muchos otros contiene proteínas, agua, almidón, lignina, lípidos y azúcares simples, entre otros. Del mismo modo este residuo contiene grupos funcionales que hacen que tenga una capacidad de biosorción de contaminantes, como grupos hidroxilos (-OH), carbonilos (-CO), aminas (-NH), grupos -CH<sub>3</sub> y -CH<sub>2</sub>.

La vaina de la planta del frijol es intensamente cultivada y cosechada en la zona tropical como templadas, es oriundo del continente americano y tiene diferentes nombres en cada país: haricot, caraota, habichuela, poroto y otros (Villanueva, 2006) La vaina de frijol contiene aproximadamente 39 % de carbohidrato y eso ayuda a que tenga activa sus grupos funcionales al momento de estar en contacto con el contaminante (Fernández & Sánchez, 2017).

Tipos de biofiltro: existen varios tipos de biofiltro los cuales pueden ser biofiltro de lecho fijo, estos constan de materiales orgánicos o sintéticos que sirven como filtrante, éstas pueden ser rocas porosas, madera en trozos, tierra entre otros, asimismo diferentes residuos orgánicos, estos filtros resultan eficientes haciendo pasar al contaminante y su corriente gaseosa saturada de humedad por el lecho en donde los microorganismos los degradan. Las huellas físicas de los biofiltro de lecho fijo son mayores a otros tipos de biofiltro.

Por el lado del lecho escurrido, éste tiene un soporte inerte que mantiene fija a una columna empacada que es donde ocurre la biopelícula. Por el lecho se provee una corriente gaseosa al contaminante por degradar y otra corriente que cumple la función de aportar nutrientes importantes y remover productos de degradación de los microorganismos a la biopelícula. Estos sistemas son recomendadas para compuestos solubles de agua, al ser fáciles de operar y

debido a la recirculación del líquido que facilita la eliminación de productos de reacción.

Los biolavadores: los contaminantes y el O<sub>2</sub> son absorbido haciendo fluir el gas a contracorriente a través del líquido, tiene que ser alimentado a reactor que contiene el material inerte con la película biológica que son las que se encargan de degradar al contaminante. Estos biolavadores tienen una ventaja para los otros biofiltro porque no generan ni acumulan residuos que pueden ser nocivos, del mismo este sistema es el más caro de realizar porque necesita de dos equipos para la bioadsorción y biodegradación.

Ensayos: Para los ensayos que se realizarán primero se tendrá que obtener el agua contaminada (río Shorey con presencia de arsénico) para poder realizar los ensayos correspondientes con la goma de tara. (Fuentes Natalia, 2014).

Barrido de metales, se realiza este ensayo para conocer que metales pesados existen en el río y la proporción que tienen cada uno de estos.

Análisis térmico diferencial, con este ensayo se llega a determinar el grado de calcinación del material y el gráfico de pérdidas de masa.

Eflorescencia de rayos x, saber la composición química que tiene tu material

Determinación de arsénico, después de haber pasado por el biofiltro, con este ensayo se llega a determinar qué cantidad de arsénico tiene el agua.

Análisis físico químico, este ensayo se realiza para saber su Ph, conductividad, Std y la turbidez.

### III. METODOLOGIA

#### 3.1 Tipo y diseño de investigación

Diseño de investigación

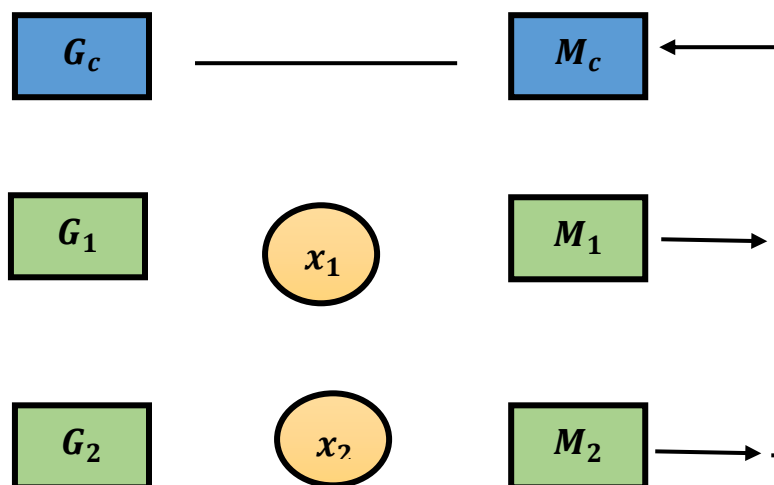
Método experimental de nivel Cuasi Experimental, ya que se requiere descubrir nuevas enseñanzas aplicando ensayos a las dos muestras, comparando los resultados de la cantidad de arsénico (muestra control) la que será realizada con las muestras propias del sitio sin adición de ningún componente adicional y unos resultados de cantidad de arsénico utilizando ceniza de cascará de frijol (muestra experimental).

Este método se sostiene en ensayos y pruebas de laboratorios autorizados y especialistas en el área. El estudio en su mayoría se realizó en laboratorio observando y poniendo en debate los resultados que se obtenía.

Por eso, que la muestra de investigación está al nivel “Cuasi Experimental.” Ya que se realizó con un material que ofrezca una mayor remoción de arsénico y que a su vez reduzca costos.

Tipo de investigación

Aplicada, porque sus resultados a encontrar en el proceso de investigación, será utilizados para la solución de problemas relacionadas al área de hidráulica, generando otra opción de remover arsénico al adicionar ceniza de cáscara de frijol, buscar determinar la remoción de arsénico del agua esperando que cumpla los estándares que la norma de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA).



**Dónde:**

$G_C$ : Muestra de agua patrón.

$G_1$  Y  $G_2$ : Muestras de agua experimental.

$X_1$  Y  $X_2$ : Adiciones de ceniza de polvo de cáscara de frijol en distintos porcentajes.

$M_C$ : Resultado de la muestra de agua patrón.

$M_1$  Y  $M_2$ : Resultado de las muestras de agua experimental.

**3.2. Variables y operacionalización****Variable dependiente: Remoción del arsénico (Anexo N°02)**

Definición conceptual: Proceso de reducción y/o eliminación de arsénico. RIMACHI (2009)

Definición operacional: Una vez elaborado los filtros con la cáscara de frijol con diferente dosificación, se procesará a filtrar la muestra de agua con arsénico para determinar el nivel de remoción del arsénico.

Dimensiones: Característica de la muestra de agua con arsénico.

Indicadores: Se utilizaron la concentración inicial de arsénico, concentración final de arsénico, eficiencia de remoción, pH, conductividad, std y turbidez

Escala de medición: La escala de medición para los indicadores fue la razón.

**Variable independiente: Cáscara de frijol.**

Definición conceptual: La cáscara de frijol contiene grupos funcionales que hacen que tenga una capacidad de biosorción de contaminantes, como grupos hidroxilos (-OH), carbonilos (-CO), aminas (-NH) y eso ayuda a que tenga activa sus grupos funcionales al momento de estar en contacto con el contaminante. (Fernández & Sánchez, 2017).

Definición operacional: Se procesa la cáscara de frijol con la finalidad de obtener partículas a diferentes granulometrías, N° de malla 100 y 200, del cual se obtendrán polvo de la cáscara para añadirlo al agua del Río moche en un biofiltro

con unas dosificaciones de 5gr/l y 7gr/l, continuamente se analizará para obtener el grado de arsénico removido.

Dimensiones: Capacidad de bio -adsorción de la cáscara de frijol y propiedades químicas

Indicadores: Se utilizó la capacidad de bioadsorción y los componentes de la cáscara de frijol.

Escala de medición: La escala de medición para los indicadores fue la razón.

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

Según Tamayo (2012) indica que la población es el total de un área de estudio, incluyendo a unidades que permiten el análisis en el fenómeno, para un determinado estudio se debe cuantificar integrando un grupo N de participantes de una característica determinada, y se le llama población por construir el total del efecto adscrito a la investigación. En esta investigación la población está conformada por el agua del Río Moche en el tramo del punto de monitoreo Rmch1 a Rmch2 que se encuentran ubicadas en la localidad de Shorey- La Libertad.

Criterios de inclusión: Debido a la alta contaminación minera existente se consideró el tramo que está ubicado entre los puntos de monitoreo RMch1 hasta RMch2 ubicado en el puente constancia de la localidad de Shorey- La libertad.

Palella y Martins (2008), nos dicen que la muestra es una parte o un subconjunto de una población total en la cual están deben tener características de manera más exactas, para esta investigación se consideró 17 litros de agua para ser utilizadas en el biofiltro, teniendo dos muestras de agua para 5gr/l y 7gr/l.

Por otro lado, se obtuvo un muestreo no probabilístico a criterio porque existen estudios previos del ANA que indican que esa zona del río Moche existe mayor cantidad de metales pesados contaminantes.

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

#### 3.4.1 Técnicas de recolección de datos.

Barrera (2000), indica que la esta técnica donde se recoge datos nos ayudan a ver los procedimientos que realizó el investigador para poder conseguir lo necesario y dar respuesta a su hipótesis.

Para recabar información, utilizamos la técnica cuantitativa y experimental, para la recopilación no solo los datos en la fase de campos, sino además en la fase de gabinete, para los análisis correspondientes.

##### a. Técnica de Gabinete

Esta técnica permitió obtener distinta información científica teóricamente, la cual nos permitió estructurar el marco teórico. El fichaje de resumen y textual

##### b. Técnica de campo

Esta técnica nos permitió obtener información de los pesos, color, fecha y hora de las cáscaras de frijol y tener un cálculo de cuántos gramos utilizaremos para la investigación que se planteó.

Observación directa, nos ayudó a reconocer la situación actual del rio Moche para recolectar las muestras en un lugar específico y estratégico.

Durante este proceso, las muestras de agua fueron recopiladas utilizando protocolo de calidad de los recursos hídricos (17 litros), registrándose la fecha, ubicación y las coordenadas

Correspondientes, en ello indica que la técnica empleada para la toma de muestra dependerá del cuerpo de agua, Por consiguiente, los parámetros que se analizaran.

#### 3.4.2 Instrumento de recolección de datos.

Libreta de campo para recolección de datos en la toma de muestra de agua: este documento nos indica la fecha que será recolectada, el responsable de la recolección, la hora de recolección, la ubicación de la muestra, las coordenadas

UTM, el departamento y el lugar de estudio, cantidad de muestras. **(Anexo N°03)**.

Libreta de campo para la recopilación de la cáscara de frijol: Esta libreta contiene el lugar, la hora y fecha que será recolectada dicha cáscara, color, cantidad y el tamaño, para ser llevada a la mufla a una temperatura de 370 °C continuando la trituración para pasar por dos tamices. **(Anexo N°04)**

Ficha de Experimentación: se utilizará fichas técnicas del laboratorio especialista para los diferentes ensayos, tanto de las aguas del Río Moche, como para las muestras de cenizas de la cáscara de frijol, estos datos serán necesarios para el desarrollo de la investigación. **(Anexo N°05)**

### **3.5 Procedimientos.**

Etapa 1: Toma de muestra de las aguas:

Se recolectó 17 litros de agua, en botellas previamente esterilizadas, en total para la muestra patrón y los experimentales.

- Se introduce el recipiente en forma diagonal contra la corriente
- Al finalizar las muestras serán puestas en un cooler manteniendo la temperatura de refrigeración. El cual será trasladado al laboratorio COLECBI para poder analizar la cantidad de metales pesados existentes y sus propiedades físico-químicas **(Anexo N°06)**

Etapa 2: Toma de muestra de la cáscara de frijol.

La cáscara de frijol fue recolectada del mercado central de Santa, en el mes de setiembre y puesta a secar a temperatura ambiente por aproximadamente 7 días. A continuación, fue triturada en seco usando un mortero, para luego ser tamizada en mallas estándar ASTM, seleccionándose los tamaños de partícula entre 150 y 75  $\mu\text{m}$  (mallas N°100 y 200). **(Anexo N°06)**

El siguiente paso es la activación térmica del polvo de la cáscara de frijol, se realizó el estudio de Análisis Térmico Diferencial (ATD) en el laboratorio de polímeros de la Universidad Nacional de Trujillo donde los resultados nos dieron a conocer que la temperatura de calcinación debe ser a 370°, se llevó a la mufla 300.4 gr de cascara de frijol en polvo en un recipiente de porcelana y se dejó por

3 horas, culminado las 3 horas se procedió a secar y enfriar dentro de la mufla por 48 horas para que el material no tenga una alteración de temperatura u adherencia de una impureza. **(Anexo N°06)**

Etapa 3: Elaboración del filtro:

El filtro construido constará de cuatro recipientes de las mismas dimensiones que contienen 12 litros cada uno y se encuentran conectados mediante tuberías y codos PVC de  $\frac{3}{4}$ " , del primer recipiente al segundo tiene una caída vertical de 70 cm y una diferencia de cotas de 50 cm; del segundo recipiente al tercero tiene una distancia de 40 cm conectado por una tubería y una llave tipo bola, para el cuarto recipiente se conectara con un grifo y una diferencia de altura a 50 cm. El diseño y la construcción del biofiltro se desarrolló mediante la recopilación de datos bibliográficos y experimentos realizados. Además, las principales variables que se tomaron en cuenta son las características del medio filtrante, la cantidad a utilizar el absorbente. Durante la filtración depende de la combinación de mecanismos físicos y químicos. **(Anexo N°06)**

Etapa N°4 Funcionamiento del filtro:

El agua del Río Moche fue vertida en el primer recipiente que contenía un filtro grueso hecho de grava de 2", 1",  $\frac{1}{2}$ ",  $\frac{3}{4}$ " que nos permitió simular el filtro natural que se da en los ríos.

Al verter el agua esta fue cayendo por la tubería que está en pendiente y así llegar al segundo recipiente que contenía la ceniza de la cáscara de frijol que actuó como coagulante creando atracción en las partículas en suspensión.

Se encendió el motor para realizar el proceso de floculación e inducir la agrupación de partículas entre sí para formar flóculos que se realizó en un tiempo de 45 minutos.

Luego de los 45 minutos transcurridos se apaga el motor y se cierra la llave para poder mantener el agua en el tercer recipiente y realizar el proceso de sedimentación que duró 90 minutos. Al tener alta cantidad de cenizas en el proceso se procedió a abrir la llave para que el agua pase al cuarto recipiente que contiene en la parte superior papel filtro y reducir aún más la cantidad de sólidos en suspensión.



Etapa N°5 Comparación de la eficiencia de la cascara de frijol

En esta etapa luego de obtener los resultados se procesará a comparar los parámetros turbidez, conductividad, std, pH y la cantidad de metales pesados removidos, los parámetros analizados fueron tomados en dos tiempos, la primera muestra se analizó antes de realizar el tratamiento por lo tanto la segunda muestra se realizó después del filtrado. **(Anexo N°07)**

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

En este trabajo de investigación se aplicó la estadística descriptiva, empleando el software Excel en la cual ingresarán los datos provenientes del análisis de laboratorio COLECBI de las concentraciones finales de arsénico mediante cuadros y gráficos donde se interpretaron los resultados de los tratamientos hechos, con la ayuda del programa SPSS realizando la prueba de hipótesis t – Student se analizó la hipótesis planteada.

### **3.7 Aspectos éticos**

De acuerdo a el código de Ética en investigación, Vicerrectorado de investigación - 2020, de la Universidad César Vallejo, esta investigación se realizará siguiendo los principios éticos que se encuentran en dicho código, que son:

**Autonomía**, porque el autor se comprometió a seguir los artículos correspondientes pudiendo así puntualizar el grado de remoción de arsénico que tiene la cáscara de frijol al ser activada térmicamente.

De igual manera **No maleficencia**, al ser esta investigación para fines beneficiosos y al no ser utilizada para beneficio propio.

De acuerdo al **Cuidado del medio ambiente y biodiversidad**, de manera que se utilizó solo residuos de la planta de frijol y no se dañó la naturaleza y biodiversidad en dicho estudio respetando ecosistemas existentes en las aguas del río Moche y alrededores.

Por otro lado, de **Integridad Humana**, debido a que esta investigación tiene como finalidad demostrar que la cáscara de frijol puede mejorar la calidad de las aguas del río Moche que es consumida por pobladores de la localidad de Shorey mejorando así su calidad de vida y evitar enfermedades provenientes por la contaminación de dichas aguas.

Por **Libertad**, porque esta tesis se pudo desarrollar para ser beneficiosa para la población y nuevos investigadores, no teniendo como objetivos intereses económicos ni políticos.

También de **Probidad**, al tener unos resultados verídicos que serán obtenidos por laboratorios autorizados y siendo un autor único el que lo realiza.

Por **Transparencia**, ya que se podrá divulgar esta tesis para fines de investigación de otros autores y poder verificar que la cascará de frijol remueve arsénico de aguas contaminadas mediante nuevos estudios.

Por último, de **Precaución**, al proponer recomendaciones para mejorar esta investigación y al tener en cuenta los riesgos que conlleva realizarla.

#### IV. RESULTADOS

Tabla N° 01. Caracterización de muestra patrón.

METALES TOTALES (mg/L)	L.C (mg/L)	RIO MOCHE
Plata (Ag)	0.002	0.012
Aluminio (Al)	0.02	>25
Arsénico (As)	0.01	4.277
Boro (B)	0.003	<0.003
Bario (Ba)	0.003	0.013
Berilio (Be)	0.0002	<0.0002
Calcio (Ca)	0.02	124.70
Cadmio (Cd)	0.0001	0.2316
Cerio (Ce)	0.009	<0.009
Cobalto (Co)	0.0006	0.0686
Cromo (Cr)	0.0003	0.0103
Cobre (Cu)	0.002	12.90
Hierro (Fe)	0.002	168.284
Mercurio (Hg)	0.001	<0.001
Potasio (K)	0.1	3.4
Litio (Li)	0.003	0.069
Magnesio (Mg)	0.02	52.13
Manganeso (Mn)	0.0003	>20
Molibdeno (Mo)	0.002	<0.002
Sodio (Na)	0.06	11.17
Niquel (Ni)	0.0006	0.0274
Fosforo (P)	0.01	1.4
Plomo (Pb)	0.002	0.162
Antimonio (Sb)	0.003	0.05
Selenio (Se)	0.005	<0.005
Silice (SiO <sub>2</sub> )	0.01	20.83
Estaño (Sn)	0.003	<0.003
Talio (Ti)	0.002	0.084
Vanadio (V)	0.001	0.016
Zinc (Zn)	0.002	>20

Fuente: Laboratorio "COLECBI S.A.C."

Elaboración propia.

**Interpretación:** Se muestra la cantidad de limite permisible de los metales y la cantidad de mg/L que fueron encontrados en el agua extraída del Rio Moche, teniendo el Arsénico (As) 4.26 mg/L más de lo permitido según los estándares de calidad ambiental.

**Tabla N° 02** *Ensayo físico del agua del rio Moche.*

<b>ENSAYO</b>	<b>MUESTRA</b>
<b>pH</b>	2.5
<b>Conductividad (mg/L)</b>	3.12
<b>S.S.T. (uS/cm)</b>	3360
<b>Turbidez (NTU)</b>	19.2

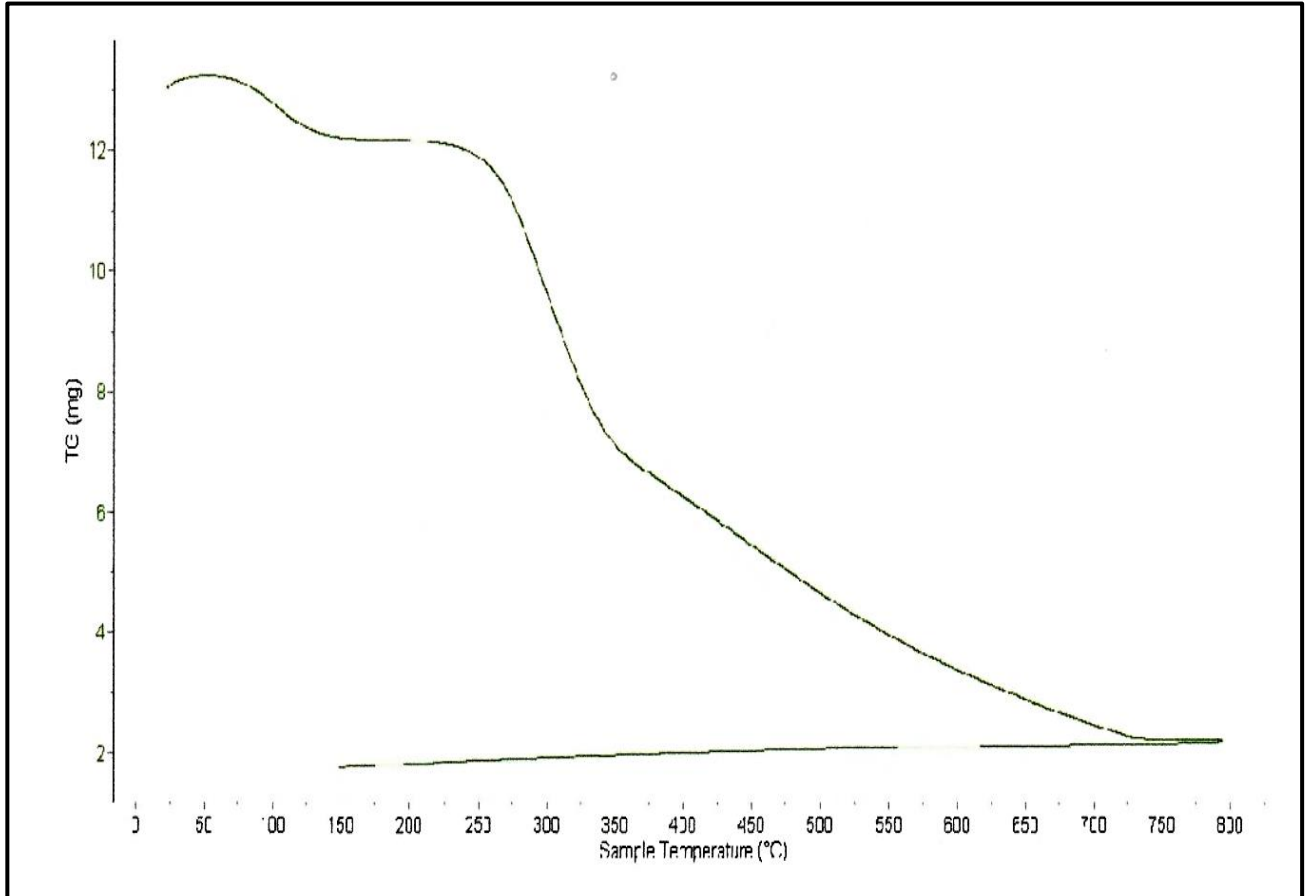
Fuente: Elaboración propia

**Interpretación:** En la tabla N°02 nos muestra el ensayo físico que se realizó al agua extraída del rio Moche obteniendo resultados altos en turbidez con 19.2 NTU y suspensión de solidos totales de 3360 uS/cm, asimismo el pH con un valor acido de 2.5 y la conductividad de 3.12 mg/L.

## Análisis para determinar el grado de calcinación de la cáscara de frijol.

Análisis térmico diferencial.

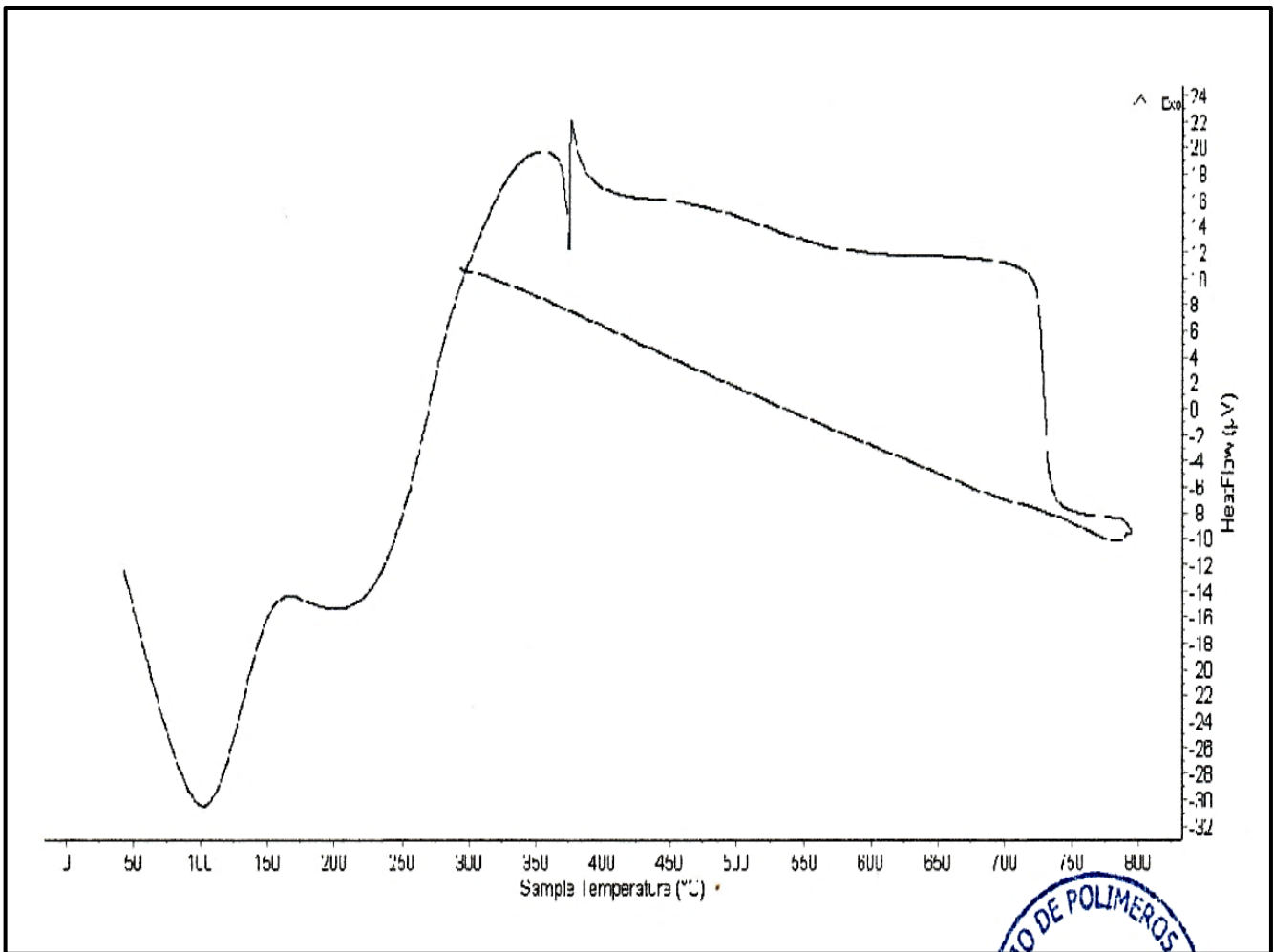
**Figura N° 01.** Curva periódica de masa – análisis termogravimétrico.



Fuente: Laboratorio de polímeros – UNT

**Interpretación:** Según el análisis termo gravimétrico se muestra importantes pérdidas del material conforme se aumenta la temperatura, la primera caída de la masa del material se da en el rango entre 80°C y 120°C, posteriormente el material vuelve a experimentar una caída aún más intensa desde 250° a 350°C, luego del cual el descenso de la masa es más lento, aun así, el material llega a perder un total de 85% de su masa inicial cuando se alcanza la máxima temperatura de ensayo.

**Figura N° 02.** Curva calométrica ATD.



Fuente: Laboratorio de polímeros – UNT

**Interpretación:** De acuerdo al análisis de ATD, la curva muestra un pico de absorción térmico intenso aproximadamente a 100°C, luego otra, de menor intensidad a 370°C, finalmente una absorción térmica alrededor de 740°C, indicando posibles cambios de fase y cambio en las características del material.

### Fluorescencia de rayos x dispersiva (frxde).

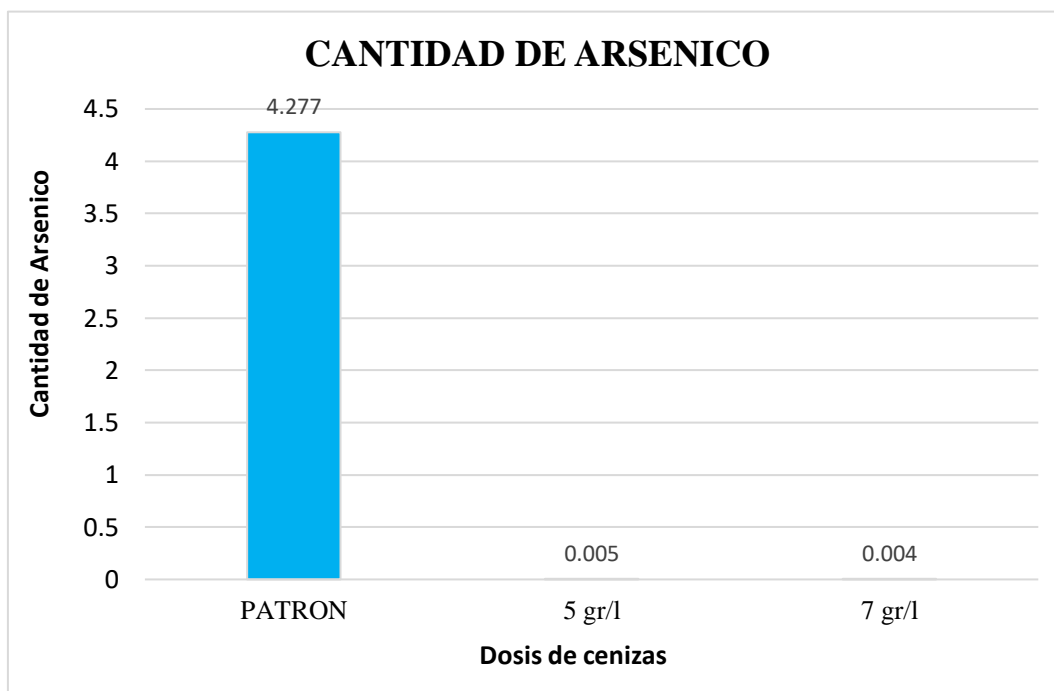
Tabla N° 03. FLOURECENCIA DE RAYOS X de la cascara de frijol.

Óxido	Concentración % masa	Normalizado al 100%
Alúmina ( $Al_2O_3$ )	7.165	5.257
Silice ( $SiO_3$ )	94.401	69.266
Fosforo ( $P_2O_5$ )	4.57	3.353
Azufre ( $SO_2$ )	2.879	2.106
Cloro ( $ClO_2$ )	4.084	2.997
Potasio ( $K_2O$ )	13.545	9.938
Calcio ( $CaO$ )	8.198	6.02
Titanio ( $TiO_2$ )	0.111	0.081
Cromo ( $Cr_2O_3$ )	0.004	0
Manganeso ( $MnO$ )	0.161	0.118
Hierro ( $Fe_2O_3$ )	1.022	0.75
Niquel ( $Ni_2O_3$ )	0.003	0.00
Cobre ( $CuO$ )	0.028	0.02
Zinc ( $ZnO$ )	0.084	0.062
Arsénico ( $As_2O_3$ )	0.007	0.005
Bromo ( $Br_2O$ )	0.003	0.002
Estroncio ( $SrO$ )	0.026	0.019
Itrio ( $Y_2O_3$ )	0.008	0.006
Zirconio ( $ZrO_2$ )	0.008	0.006
TOTAL	136.292	100

Fuente: Laboratorio de Arqueometría UNMSM

Se realizó el ensayo para determinar la cantidad de óxido que tiene la cascara de frijol al ser activada térmicamente, dándonos como resultado importante una alta concentración de Silice ( $SiO_3$ ) con un 94.401% de masa y 69.266% normalizado, que es el elemento químico no metálico electropositivo que sirve en la remoción de metales pesados.

**Figura N° 03.** Gráfico de barras de cantidad de arsénico de las muestras ensayadas.



Fuente: Elaboración propia

**Interpretación:** En la figura N° 03, se compara la cantidad de arsénico existente en la muestra extraída, con las muestras post tratamiento en el biofiltro, se aplicaron un total de 2 diferentes dosis de cenizas de cascara de frijol. Los resultados logrados en las muestras de agua fueron los siguientes:

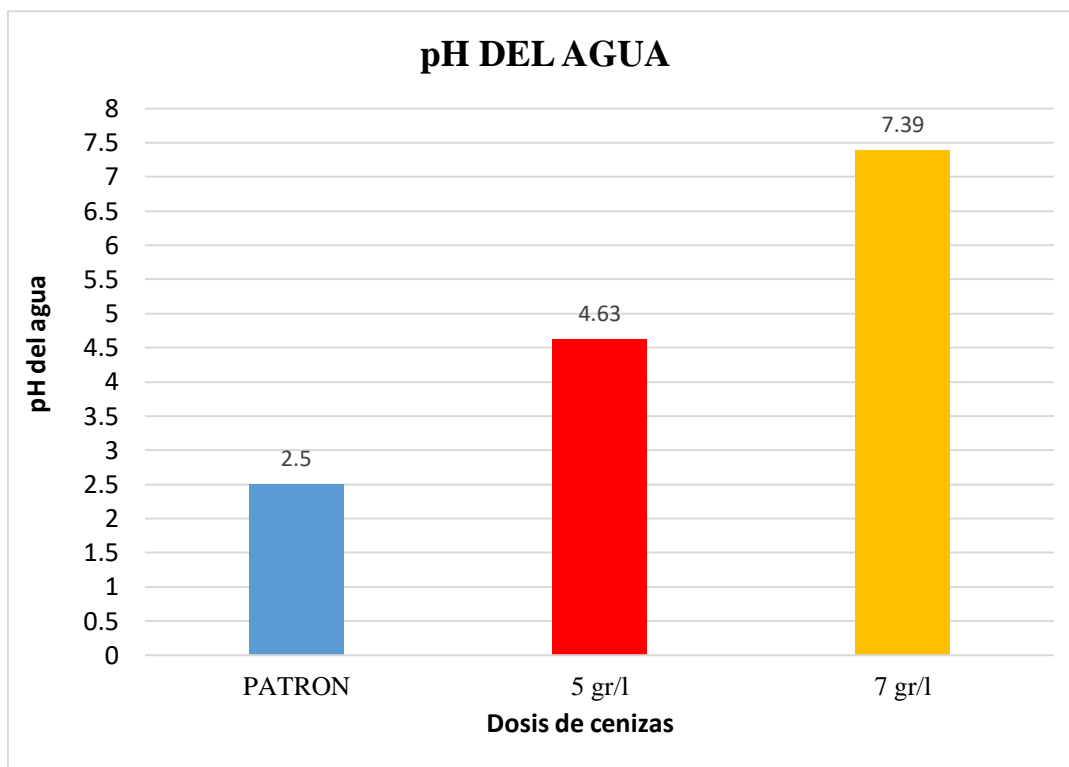
En la primera dosis de 5gr/l obtuvimos como resultado 0.005 % de As

En la segunda dosis de 7gr/l obtuvimos como resultado 0.004 % de As

Lo cual nos indica que las dosis utilizadas tuvieron una buena cantidad de porcentaje removido.



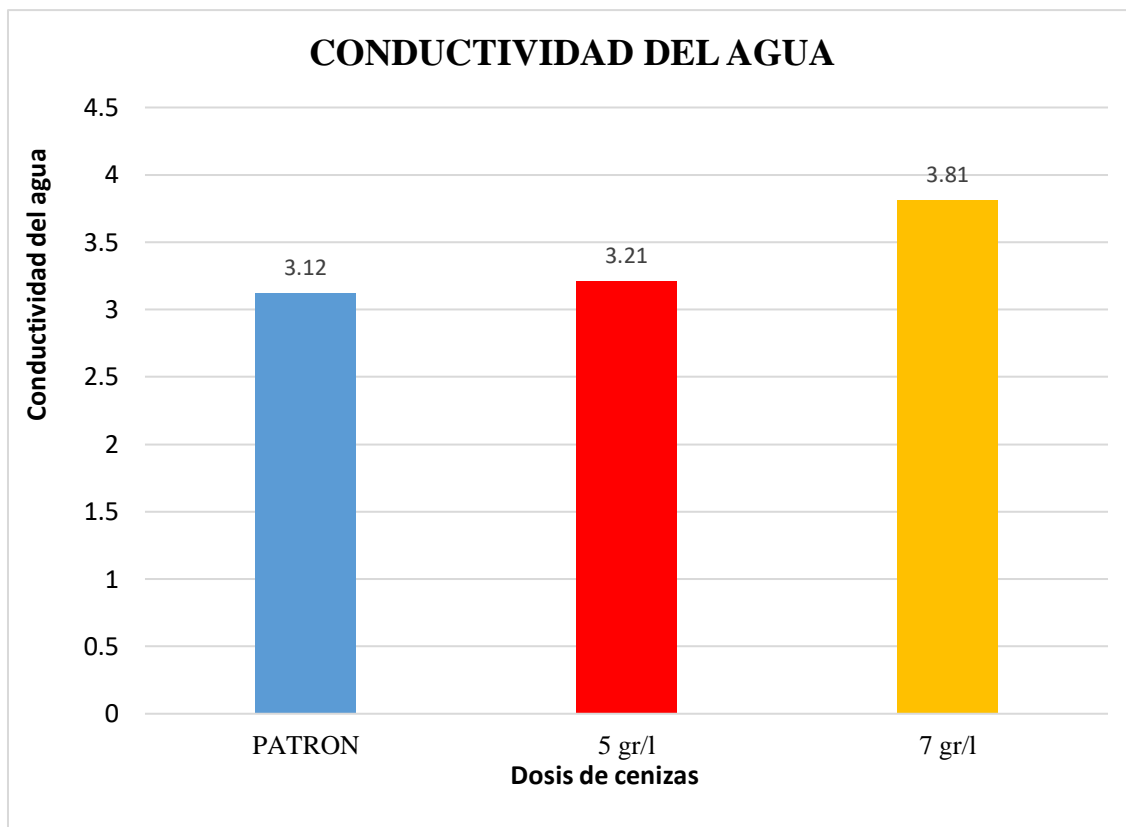
**Figura N° 04.** Gráfico de barras de cantidad de pH de las muestras ensayadas.



Fuente: Elaboración propia

**Interpretación:** En la figura N° 04 se muestra los resultados dados en la muestra patrón y las muestras 01 y 02 y son comparados entre sí, se observa que en la segunda muestra de 7gr/l el agua se vuelve alcalino al convertirse en 7.39, mientras en la muestra 01 de 5gr/l el agua sigue siendo acida con 4.63.

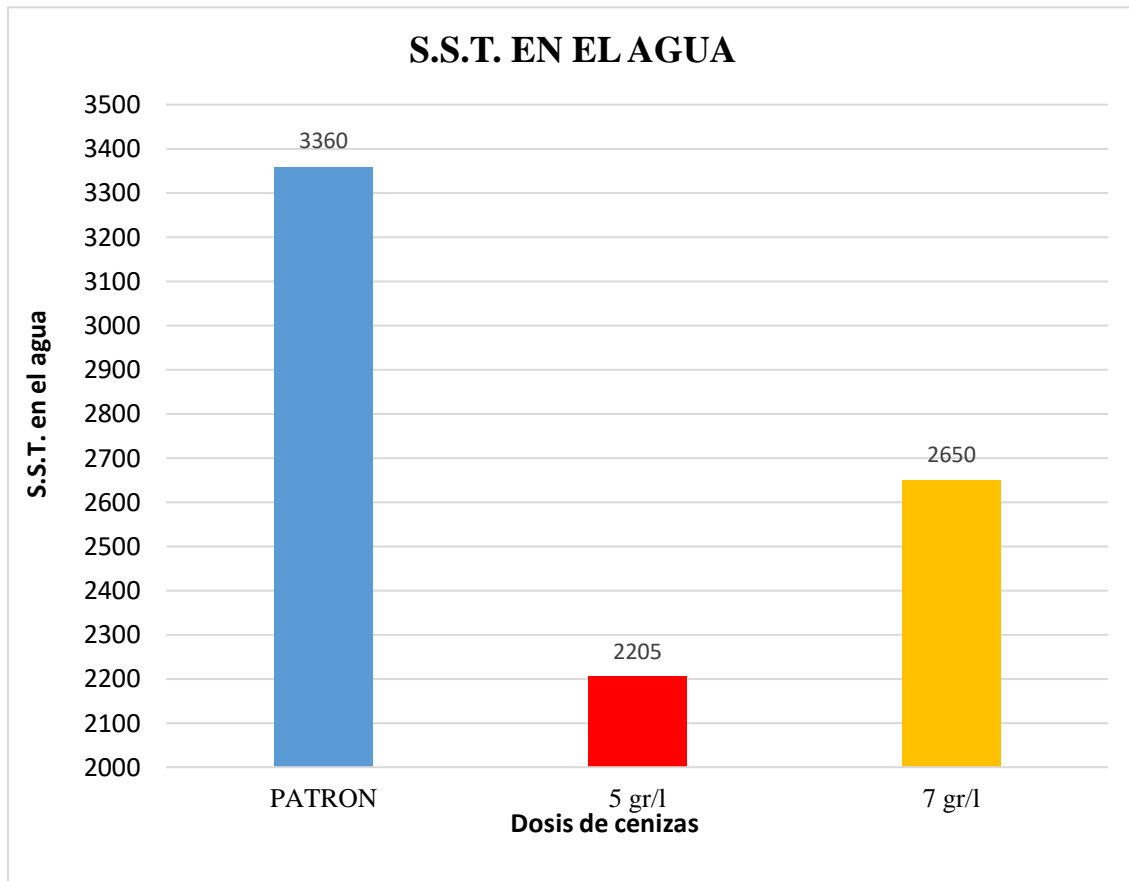
**Figura N° 05.** Gráfico de barras de la conductividad de las muestras ensayadas.



Fuente: Elaboración propia

**Interpretación:** Según la figura N° 05 en las dos muestras tratadas mediante el biofiltro la cantidad de conductividad aumenta, no cumpliendo los estándares de calidad

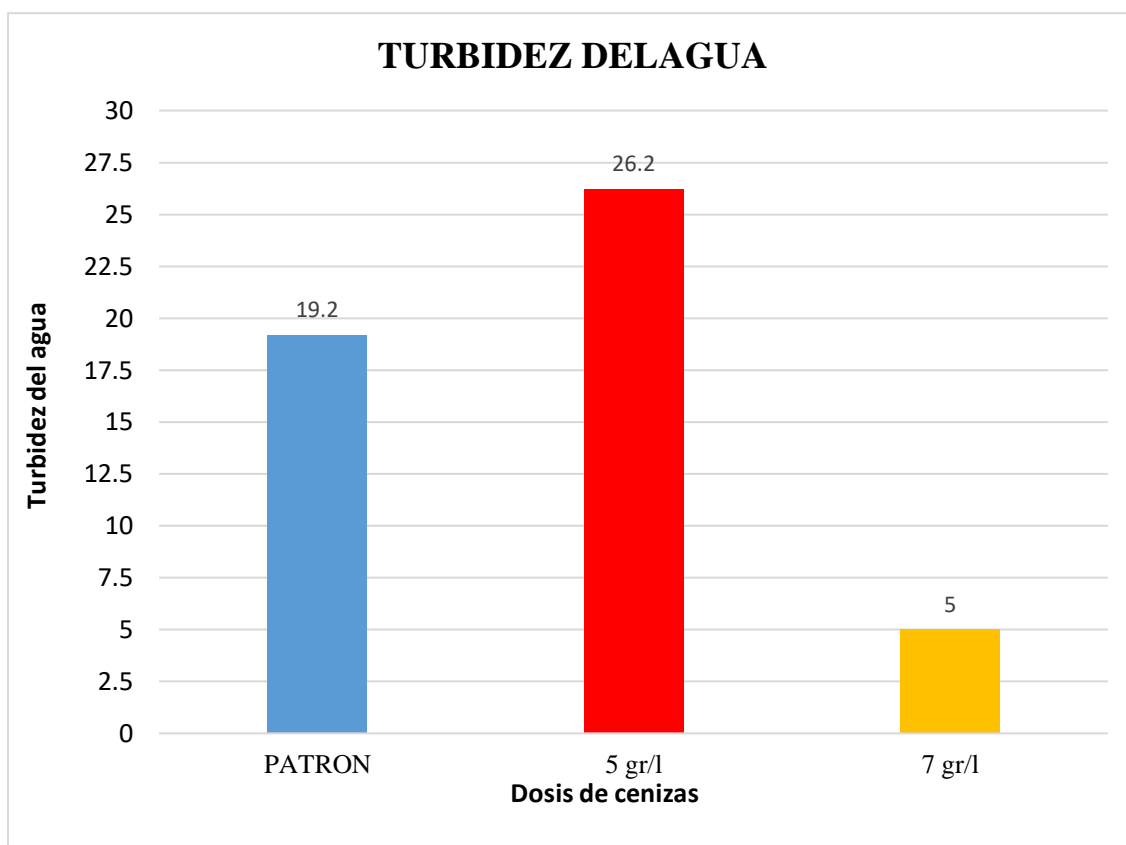
**Figura N° 06.** Gráfico de barras de cantidad de S.S.T de las muestras ensayadas.



Fuente: Elaboración propia

**Interpretación:** En la figura N° 06 se observa que la cantidad de suspensión de solidos totales disminuye considerablemente, en la muestra 01 de 5gr/l tiene una menor cantidad de solidos (2205 uS/cm), que la muestra 02 de 7gr/l (2650 uS/cm)

Figura N° 07. Gráfico de barras de cantidad de turbidez de las muestras ensayadas.



Fuente: Elaboración propia

**Interpretación:** Para la figura N° 07 indica que la cantidad de turbidez aumenta al ser tratada con 5gr/l de cenizas de cascara de frijol llegando a 26.2 NTU y en la muestra 02 reduce una buena cantidad de turbidez llegando a 5 NTU.

**Tabla N° 04:** *Remoción de arsénico antes y después de aplicar el biofiltro con polvo de cascara de frijol, en las aguas del río Moche – La Libertad, 2021.*

Muestra experimental	Momento		Diferencia
	Antes	Después	
M1	4,277	0,005	4,272
M2	4,277	0,004	4,273
Media	4,277	0.0045	4,2725

Fuente: SPSS  
Elaboración propia

$$t = 8545,00 \quad p=0.000 \quad p<0.05$$

Después de aplicar la prueba de hipótesis t- Student para muestras relacionadas y siendo  $p<0.05$  podemos decir que la media de las diferencias de arsénico antes y después de aplicar el biofiltro con polvo de cascara de frijol Shorey es diferente de 0, por lo que podemos indicar que el biofiltro con polvo de cascara de frijol es efectivo para la reducción (remoción) de arsénico en el agua del río Moche - La Libertad, 2021.

## V. DISCUSIÓN

Analizando la tabla n° 01 nos encontramos que en la muestra de agua extraída del río Moche existe diferentes metales pesados tales como Arsénico (As) con 4.277 mg/L, Plomo (Pb) 0.162 mg/L, Hierro (Fe) 168.284 mg/L, Cadmio (Cd) 0.2316 mg/L, Cobre (Cu) 12.90 mg/L, Magnesio (Mg) 52.13 mg/L, Fosforo (P) 1.4 mg/L, como los metales con más alto porcentajes y que no cumplen los estándares de calidad de agua dadas por el Ministerio del Ambiente, en lo cual coincidimos con Gutiérrez e Ibáñez (2020) el cual obtienen un resultado de 7.058 mg/L de arsénico en su muestra extraída del agua del río Moche, mostrando así que en este río existe una alta contaminación con metales pesados que son peligrosos para la salud de los pobladores.

En cuanto a las propiedades físicas del agua, como el pH, Turbidez, Suspensión de Sólidos totales y conductividad el realizarse los ensayos en el laboratorio especialista nos muestran unos resultados en la muestra patrón de 2.5, 19.2 NTU, 3360 uS/cm, 3.12 mg/L respectivamente en la muestra patrón, no cumpliendo los estándares de calidad de aguas dados por Ministerio del Ambiente, asimismo en la muestra 01 tenemos que el pH sigue siendo ácido con un resultado de 4.63, la turbidez existente en la muestra es de 26.2 NTU aumentando respecto a la muestra patrón, en la SST tenemos 2205 uS/cm reduciendo al ser comparado con la muestra patrón, para la conductividad nos arroja un resultado de 3.21 mg/L, de la misma manera al ser evaluada la muestra 02 nos dan resultados que el pH se convierte en alcalino al alcanzar un nivel de 7.39, en cuanto a Turbidez nos da 5 NTU reduciendo en comparación a la muestra patrón, en los sólidos totales suspendidos existe 2650 uS/cm el cual es menor al obtenido en la muestra patrón, en el ensayo de conductividad tenemos 3.81 mg/l lo cual nos indica que la conductividad aumenta después de ser procesada en el biofiltro.

De acuerdo al estudio ATD realizado en la universidad Nacional de Trujillo, nos indica que la muestra al ser calcinada térmicamente a una temperatura de 370°C tiene una absorción térmica media, por lo cual la muestra de cascara de frijol fue activada térmicamente a la temperatura mencionada y en un tiempo de 180 minutos, del mismo modo la curva de pérdida de masa dada por el laboratorio

nos indica que si la cascara es activada a partir de 350° esta tiene una pérdida de masa de 85%, el cual fue demostrado al realizarse la activación obteniendo un 84 % de pérdida de masa en la mufla, luego de ser pesada en la balanza electrónica, esto debido a que la muestra presentó más cantidad de metal y pasada por el proceso de calcinación se convirtieron en oxido lo cual provocó la pérdida, coincidiendo así con la tesis presentada por Sepúlveda (2014) el cual activo a la harina de cascara de frijol con una temperatura 650° por 180 minutos lo cual le permitió obtener un carbón activo con el cual pudo adsorber un 18.76% de contaminante.

La ceniza de cascara de frijol fue usada con un tamaño de partícula de 0.75mm (malla n°200) debido a que la adsorción se focaliza en el interior de la partícula, es decir, mientras la partícula sea más pequeña, mejor será la adsorción de la ceniza.

Según los ensayos realizados de FRX a la ceniza de cascara de frijol nos muestra como resultado que contiene un 69.26% de sílice, Hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) 0.75%, Manganeso ( $\text{MnO}$ ) 0.118%, Alúmina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) 0.257%, Calcio ( $\text{CaO}$ ) 6.02%, Zinc ( $\text{ZnO}$ ) 0.062%, los cuales permiten convertirse en antioxidante, teniendo como mayor porcentaje al Silice que es el elemento químico no metálico electropositivo que ayuda en la remoción de cierto porcentaje en cada experimental formando iones tetrapositivos que se atrajeron con los iones negativos del arsénico en el proceso de coagulación-floculación.

En la figura N°03 nos muestra los resultados obtenidos en los ensayos realizados por el laboratorio Colecbi, mostrando así que la cantidad de arsénico en la muestra patrón no cumple con los estándares de calidad del agua y los límites máximos permisibles al obtener un resultado de 4.277 mg/l en la muestra, por otro lado, la muestra 01 de 5gr/l de polvo de cascara de frijol luego de pasar por el biofiltro nos arroja un resultado de 0.005 mg/l de concentración de As, así mismo, con la muestra 02 de 7gr/l de polvo de cascara de frijol según el laboratorio especialista obtenemos 0.004 mg/l de As luego de ser procesada en el biofiltro construido, con lo cual coincidimos con el autor Salazar (2017) el cual demuestra que pudo remover un 87.70% de Cd(ii) y 95.58% de remoción de

Pb(ii), utilizando un rango de 5 a 10 g/L como concentración para las muestras bioadsorbentes de cascara de frijol.

En nuestra investigación realizada obtuvimos 03 unidades experimentales haciendo una repetición por muestra, los cuales fueron analizadas por el laboratorio Colecbi teniendo como resultados altos porcentajes de metales pesados en la primera muestra o muestra patrón no cumpliendo los estándares de calidad, por otro lado, en la muestra denominadas 01 y 02 tenemos como resultados que las cenizas de cascara de frijol también removi6 Mercurio existente en el agua después de que las muestras sean procesadas por el biofiltro, cumpliendo así los ECA del MINAM, de la misma manera como sucedió en la tesis de Merma Avilés en el 2018 el cual obtuvo una remoción de mercurio en 0.102 mg/L utilizando 8 repeticiones por muestra mediante un biofiltro con biomasa de cascara de frijol, de la misma manera el ensayo de barrido de metales nos muestra que la cantidad de Cadmio en la muestra patrón es 0.2316 mg/L y en las muestras experimental 01 y 02 obtenemos un resultado de 0.1618 mg/L, 0.0648 mg/L respectivamente, lo cual nos indica que coincidimos con las investigaciones presentadas por Estupiñan (2014), Franco (2014), Salazar (2017), que demostraron que la cascara de frijol es un bioadsorbente que permite remover porcentajes significativos de Cadmio en aguas contaminadas.

El metal arsénico presenta cargas catiónicas, donde Garcéz & Coavas (2012) y Kuyucak & Volesky (1989), mencionan que, en la adsorción de cationes y aniones de los metales pesados, el valor del pH de la solución acuosa juega un rol muy importante, en la adsorción de cationes suele ser eficiente en valores de pH superiores a 4.0, mientras la adsorción de aniones en pH entre 1.5 y 4.0. La cascara de frijol al ser activada a 370° durante 180 minutos obtiene un pH altamente alcalino con un valor de 11.32, lo cual favorece en la adsorción de cationes los cuales son iones con carga eléctrica positiva y se describen con un estado de oxidación positivo, esto quiere decir que, a mayor cantidad de gramos utilizados en el biofiltro, el agua va perdiendo más cationes y va adoptando un pH mayor, por lo que coincidimos con Tejeda, Villabona, Ruiz (2012), que logran remover mercurio y cadmio con residuos del frijol mungo como adsorbente el cual tiene de pH 5.0.



Al aplicar la prueba de hipótesis t- Student para muestras relacionadas y siendo  $p < 0.05$  podemos decir que la media de las diferencias de arsénico antes y después de aplicar el biofiltro con polvo de cascara de frijol a las aguas del río Moche es diferente de 0, por lo que podemos indicar que el biofiltro con polvo de cascara de frijol es efectivo para la reducción (remoción) de arsénico en el agua del río Moche - La Libertad, 2021.

Las piedras utilizadas en el primer recipiente del biofiltro se usaron como un primer filtro natural a escala del agua, el cual ayudo a la retención de impurezas que se encontraron en la muestra 01 y 02 extraídas del río Moche, lo que normalmente se presencia en el cauce de los ríos, esto mencionado se verificó en el cambio de color que obtuvieron las piedras utilizadas en el biofiltro, lo cual indica que estas partículas que se encontraban las dos muestras ensayadas se adhirieron a las piedras.

De acuerdo a la Revista de Divulgación de ciencia de la UNAM, Almacenar el agua potable, de río o de lluvias a una temperatura de 35 a 50 °F (1,67 a 10 °C) nos permitirá extender el tiempo de almacenamiento, en tanto congelarla permitirá tenerla almacenada casi indefinidamente. Dejando un promedio de 5 cm (2pulgadas) de aire en la parte superior de la botella para permitir que el agua se expanda cuando se congele. De igual forma si el agua esta almacenada por un tiempo prolongado pasándose de lo debido, mientras haya estado lejos de la luz del sol directa no sufrirá una modificación en su composición química inicial, esto no aplica en agua de mar.

## VI. CONCLUSIONES

1. Mediante el ensayo de barrido de metales se verificó la existencia de arsénico, así como también de otros metales pesados en el agua extraída del río Moche, por lo cual se concluye que estas aguas no son aptas para consumo humano ni agrícola al no cumplir los límites máximos permisibles según el Ministerio del Medio Ambiente.
2. Según los ensayos realizados se determinó que la temperatura de calcinación para poder activar la cascara de frijol debe ser a 370° durante 3 horas para que la muestra pueda tener una correcta absorción térmica dentro de la mufla y tiene una pérdida de masa de 85%.
3. De acuerdo al análisis de fluorescencia de rayos-X, nos arroja que hay un 69.26% de sílice en la ceniza de cascara de frijol al ser activada térmicamente, el cual es un material que pudo aportar los iones positivos para realizar la remoción.
4. Existe una variación en la concentración del arsénico con el uso de ceniza cascara de frijol como material adsorbente en un biofiltro realizado, obteniendo como resultados en la muestra patrón un 4.277 mg/l de As, variando en la muestra 01 a un 0.005 mg/l, asimismo en la muestra 02 con 0.004 mg/l, del mismo modo existe varianza en las propiedades físicas del agua.

## VII. RECOMENDACIONES

En base a los resultados mostrados, se recomienda a los próximos investigadores que se utilice un procedimiento con más repeticiones al que se le ha aplicado logrando así resultados mucho más óptimos con la biomasa estudiada.

Se recomienda continuar con el uso de residuos de origen agrícola que sean orgánicos como la cascara de frijol estudiada en esta investigación, utilizándola como un bioadsorbente natural, los cuales nos permitirán remplazar a los bioadsorbentes químicos en el tratamiento para aguas contaminadas, siendo también económico, renovable y factible al ser encontrada en gran cantidad en lugares estratégicos como chacras y mercados.

Realizar un análisis por difracción de rayos-X para saber mayores detalles sobre la composición estructural de la ceniza de cascara de frijol.

Se recomienda un análisis completo de los metales pesados presentes en el agua mediante un ensayo de barrido de metales antes y después de realizar el experimento, ya que esto nos permitirá conocer la eficiencia que tiene la cascara de frijol en la bioadsorción de otros metales.

Enfriar la muestra calcinada en la mufla para evitar una distorsión homogénea producida por la temperatura.

Al momento de inicio de la remoción, los recipientes deben ser cubiertos completos para preservar el estado en el que se encuentra la muestra

Realizar una prueba inicial del biofiltro antes de ser utilizado para la remoción.

## REFERENCIAS

-TRELLES Bautista, Jesús, Biosorción de arsénico en medio acuoso empleando biomasas vegetales inertes. Tesis (Magister en Ingeniería Ambiental). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, facultad de Ingeniería Ambiental 2013.

-MERMA, Virginia, Remoción de mercurio a través de la bioadsorción con biomasas de vaina de frijol (*Phaseolus vulgaris*) y tara (*Caesalpinia spinosa*) en soluciones acuosas. Tesis (Titulo en Ingeniería Ambiental). Juliaca: Universidad Peruana Unión, 2018. Disponible en <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/UPEU/1694>

- TEJEDA, Candelaria; VILLABONA, Ángel; RUIZ, Víctor. Biomasa residual para remoción de mercurio y cadmio: una revisión, investigan los diferentes residuos agrícolas que sirven como bioadsorbentes en las aguas contaminadas. Artículo de revisión. Cartagena: Universidad de Cartagena. Disponible en <https://repository.usc.edu.co/bitstream/handle/20.500.12421/720/Biomasa%20residual%20para%20remoci%20de%20mercurio%20y%20cadmio%20una%20revisi%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- FRANCO, Johana. Evaluación de la vaina de frijol cargamento rojo como material biosorbente en la remoción de Cadmio presentes en soluciones acuosas, el cual tuvo como principal objetivo hacer la evaluación como biosorbente a la cascara de frijol cargamento rojo removiendo cadmio (Cd<sup>2+</sup>) que se encuentran en soluciones acuosas. Tesis (Titulo de Ingeniería Ambiental). Bogotá: Universidad Libre 2014, Disponible en <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/11223/Documento%20final.pdf?sequence=1>

- GUTIERREZ, Annie; IBAÑEZ, Yanela. Eficiencia de vaina de *Phaseolus Vulgaris* y cascara de *Citrus Sinenses* en la biosorción de arsénico del agua del rio Moche. Tesis (Titulo Ingeniería Ambiental). Trujillo: Universidad Privada del Norte 2020, disponible en: <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/23817/Guti%20de%20la%20Cruz%20Annie%20Jocelyn%20-%20Iba%20Arteaga%20Yanela%20Rosibel.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- ESTUPIÑAN, Lorena. Evaluación de la vaina de frijol como material adsorbente en un sistema que opera en modo semibatch para la remoción de cadmio presente en soluciones acuosas. Tesis (Titulo Ingeniería Ambiental). Cartagena: Universidad Libre 2014. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10901/11241>

- PICOS, Lorenzo, et al. Environment-Friendly Approach toward the Treatment of Raw Agricultural Wastewater and River Water via Flocculation Using Chitosan and Bean Straw Flour as Bioflocculants. ACS Omega. 2020 Feb 24;5(8):3943-3951. doi: 10.1021/acsomega.9b03419. PMID: 32149221; PMCID: PMC7057335.

-Remoción de plomo y níquel en soluciones acuosas usando biomasa lignocelulósicas, por Edgar Quiñones [et al] una revisión. Cartagena: Universidad de Cartagena. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 16(2): 479-489.

-MEDINA, Pizzali; ROBLES, María y otros. Ingesta de arsénico: el impacto en la alimentación y la salud humana. 1, Peru : s.n., Enero de 2018, Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica, Vol. 35, págs. 93-112 . ISSN 1726-4634.

-CARHUAZ, Cynthia, ZELA, Shala Eficiencia de remoción del arsénico con filtro de corteza de palta a diferentes granulometrías de las aguas del río Mollebamba Apurímac, 2019. Tesis (Ingeniería Ambiental). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2019. Disponible en <https://hdl.handle.net/20.500.12692/48274>

-CONAGUA, Semarnat. Estadísticas del Agua en México. Edición 2007 [ en línea]. Ed 2008 Estados Unidos Mexicanos,2007. Disponible en [http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/EAM\\_2008.pdf](http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/EAM_2008.pdf)

-Desarrollo de materiales sorbentes para la eliminación de metales pesados de las aguas residuales mineras, por Luisa Vera [et al] Afinidad, [online], 2016, Vol. 73, N°. 574. Disponible en [https://www.raco.cat/index.php/afinidad/article/view/312048%20 \[View: %2020-03-2021\]](https://www.raco.cat/index.php/afinidad/article/view/312048%20%2003-2021)

-CARBAJAL, Ángeles, GONZALES, Maria, Propiedades y funciones biológicas del agua. Madrid: Universidad Complutense de Madrid. Capítulo 3, pp 33-45.

2012. Disponible en <https://www.ucm.es/data/cont/docs/458-2013-07-24-Carbajal-Gonzalez-2012-ISBN-978-84-00-09572-7.pdf>

ISBN: 9788400095727

-MINAM, La calidad del agua y la contaminación de las aguas superficiales. Lima: Ministerio del Ambiente. Capítulo 8. 2018 Disponible en <https://www.minam.gob.pe/esda/8-1-1-calidad-de-las-aguas-continetales-superficiales/>

-Organización Mundial de la salud (2018), Arsénico.

-MOON Karla, GUALLAR Elvis. Exposición al arsénico y enfermedad cardiovascular: una revisión sistemática actualizada. Informes actuales de aterosclerosis. 2012; 14: 542-555.

-Decreto Supremo n° 004-2017-MINAM. Diario oficial El Peruano, Lima, Perú, 7 de junio de 2017.

-MINISTERIO DE SALUD, Estándares de Calidad del Agua, 2016.

-MINSA, Vigilancia y control de la calidad del agua. Lima: Ministerio de Salud. Unidad temática n° 3. 2018

-IBEROARSEN, Tecnologías económicas para el abatimiento de arsénico en aguas. Argentina: CYTED. 2010

-MARTINEZ, José. *Biosorción de arsénico en materiales derivados de maracuyá* [en línea]. Marzo-abril 2009, vol. 25, N° 4. [Fecha de consulta: 15 de mayo del 2019].

Disponible en [http://www.scielo.org.mx/scielo.pHp?script=sci\\_arttext&pid=S0188-2049992009000400001](http://www.scielo.org.mx/scielo.pHp?script=sci_arttext&pid=S0188-2049992009000400001)

-ROBLES [et al]. Ingesta de Arsénico: El impacto en la alimentación y la salud humana. Rev Peru Med Exp Salud Pública. 2018; 35(1):93-102.

-HUALLPA Sulca, William. Biosorción con panca de maíz (Zea mays) para la remoción del Arsénico en aguas contaminadas a nivel del laboratorio. Tesis (Título en Ingeniería Ambiental). Lima: Universidad César Vallejo, 2017. 9 pp.

-REVISTA de divulgación de ciencia [En línea], México: UNAM, 2018 [ Fecha de Consulta: 02 de diciembre 2019]. Disponible en <http://www.comoves.unam.mx/numeros/articulo/54/el-agua-como-recurso>

-FRANCO M, remoción del arsénico en agua mediante procesos de coagulación-floculación. Revista internacional de contaminación ambiental, vol. 30, núm. 2, 2014, pp. 177-190. ISSN 01884999.

- Organización Mundial de la Salud (2004). Presencia de arsénico en el agua de bebida en América Latina y su efecto en la salud pública.

-MUÑOZ , Fabian; LONDOÑO, Luis y LONDOÑO, Tatiana. Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. . II, Julio de 2016, Vol. 14, págs. 145-153.

-ALARCON, Maria [et al.], Arsénico en Agua Presencia, cuantificación analítica y mitigación. Mexico: Centro de investigación en materiales avanzados. 2013. Disponible en <https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/1056/1/Libro%202013-Arsenico%20en%20el%20Agua%20con%20ISBN.pdf>

ISBN 978-607-8272-14-3

-LAYZA Avalos, Cristhians, Capacidad de remoción de arsénico por *Pseudomonas aeruginosa* a diferente tiempo y concentración, en aguas contaminadas del Río El Toro – Huamachuco. Tesis (Titulo en Ingeniería Ambiental). Trujillo: Universidad Cesar Vallejo, facultad de Ingeniería ambiental 2018.

- HERNANDEZ, Edgardo. Importancia Del Agua para los seres Vivos . Buena Aires : s.n., 2010 .

-POMALAZA, Fannie y VICTORIA Rosmery. Optimizacion del metodo de coagulacion-floculacion para la remocion de arsenico de fuentes de agua potable

empleando sulfato de aluminio tipo A. Universidad Nacional del Centro del Peru . Huancayo : s.n., 2016. pág. 83, Tesis .

-MONTENEGRO, Yomaira (2016). Efecto de dos distancias de siembra y dos dosis de Algas Marinas, en el cultivo de Frejol Caupi (*Vigna unguiculata* L.). Guayaquil : s.n.

-Tratamiento ecológico, una alternativa sustentable para la purificación de aguas contaminadas destinadas al riego de cultivos en Arequipa. [Informe al MINAM]. Lima: Apaza, H., (diciembre del 2013)). [Fecha de consulta: 12 abril de 2019]. Recuperado de <https://www.cies.org.pe/sites/default/files/investigaciones/tratamiento-ecologico.pdf>

GIL, Percy, Diseño de un biofiltro de mucílago de tuna (*Opuntia Ficus- Indica*) para remover arsénico. Tesis (Titulo en Ingeniería Civil). Chimbote: Universidad San Pedro, 2018. Disponible en <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/5399>

SALAZAR, Betty, Evaluación del proceso de biosorción de Pb (II) y Cd (II) en agua utilizando el residuo agrícola de *Phaseolus vulgaris* L.(Frejol). Tesis (Maestría en Química del Medio ambiente). Arequipa: Universidad Católica de Santa María, 2017. Disponible en <http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/handle/UCSM/7035>



## ANEXOS

ANEXO N°01 Cantidad estándar de arsénico en agua potable según la ECA – 2017

Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
<b>FÍSICOS- QUÍMICOS</b>				
Amoníaco- N	mg/L	1,5	1,5	**
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5	5,5 – 9,0	5,5 - 9,0
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1 000	1 000	1 500
Sulfatos	mg/L	250	500	**
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	**
Turbiedad	UNT	5	100	**
<b>INORGÁNICOS</b>				
Aluminio	mg/L	0,9	5	5
Antimonio	mg/L	0,02	0,02	**
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,15
Bario	mg/L	0,7	1	**
Berilio	mg/L	0,012	0,04	0,1
Boro	mg/L	2,4	2,4	2,4
Cadmio	mg/L	0,003	0,005	0,01
Cobre	mg/L	2	2	2

Fuente: Estándares de Calidad Ambiental - Anexos

**ANEXO N°02:** Matriz de operacionalización de variables.

	VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSION	INDICADOR	ESCALA
INDEPENDIENTE	Dosificación del polvo de la cascara de frijol.	La cascara de frijol contiene grupos funcionales que hacen que tenga una capacidad de biosorción de contaminantes, como grupos hidroxilos (-OH), carbonilos (-CO), aminas (- NH) y eso ayuda a que tenga activa sus grupos funcionales al momento de estar en contacto con el contaminante(Fernández & Sánchez, 2017).	Se procesará la cascara de frijol con la finalidad de obtener partículas a diferentes granulometrías, N° de malla 100 y 200, del cual se obtendrán polvo de la cascara para añadirlo al agua del Rio moche en un biofiltro con unas dosificaciones de 5gr/l y 7gr/l, continuamente se analizara para obtener el grado de arsénico removido.	Capacidad de bio - adsorción de la cascara de frijol.	Capacidad de bio - adsorción	razón
				Dosis de cenizas de cascara de frijol.	Dosis 5 gr /l	razón
					Dosis 7 gr /l	razón
DEPENDIENTE	Remoción del arsénico	Proceso de reducción y/o eliminación de arsénico. RIMACHI (2009)	Una vez elaborado los filtros con la cascara de frijol con diferente dosificación, se procesará a filtrar la muestra de agua con arsénico para determinar el nivel de remoción del arsénico.	Característica de la muestra de agua con arsénico.	Concentración inicial de arsénico	razón
					Concentración final de arsénico	razón
					Eficiencia de remoción	razón
					pH	razón
					Conductividad	razón
					Std	
	Turbidez	razón				

Fuente: Elaboración propia.

**Anexo N°03:** Libreta de campo para recolección de datos en la toma de muestra de agua.

Puntos de extracción de aguas  
del Rio Moche.

- Localidad de Shorey

- Punto de Referencia  
• Puente Constancia.

- Coordenadas.

• 17 M 0791145 - UTM 9116072

- Elevación

3547 m

**Anexo N°04:** Libreta de campo para la recopilación de la cascara de frijol.

Punto de recolección de Cascara  
de frijol.

- Distrito de Santa

- Punto de Referencia  
• Mercado Central de Santa

- Coordenadas

17L 762268.87 E 9005790.S

- Elevación

25 m

Anexo N°05: Tablas de los ensayos realizados por laboratorio especialista.

**Análisis de las muestras de agua post tratamiento en biofiltro.**

**Tabla N° 05.** Barrido de metales para muestra experimental 01.

<b>METALES TOTALES (mg/L)</b>	<b>L.C (mg/L)</b>	<b>MUESTRA 01 (5 gr/L)</b>
Plata (Ag)	0.002	<0.002
Aluminio (Al)	0.02	0,09
Arsénico (As)	0.01	<0.005
Boro (B)	0.003	0.608
Bario (Ba)	0.003	0.144
Berilio (Be)	0.0002	<0.0002
Calcio (Ca)	0.02	343.00
Cadmio (Cd)	0.0001	0.1618
Cerio (Ce)	0.009	<0.009
Cobalto (Co)	0.0006	0.0556
Cromo (Cr)	0.0003	<0.0003
Cobre (Cu)	0.002	0.537
Hierro (Fe)	0.002	18.220
Mercurio (Hg)	0.001	<0.001
Potasio (K)	0.1	306.8
Litio (Li)	0.003	0.077
Magnesio (Mg)	0.02	101.80
Manganeso (Mn)	0.0003	>20
Molibdeno (Mo)	0.002	<0.002
Sodio (Na)	0.06	64.26
Niquel (Ni)	0.0006	0.0164
Fosforo (P)	0.01	<0.01
Plomo (Pb)	0.002	0.427
Antimonio (Sb)	0.003	<0.003
Selenio (Se)	0.005	<0.005
Silice (SiO <sub>2</sub> )	0.01	13.90
Estaño (Sn)	0.003	<0.003
Estroncio (Sr)	0.0003	1.6983
Titanio (Ti)	0.0007	<0.0007
Vanadio (V)	0.001	<0.001
Zinc (Zn)	0.002	>20

Fuente: Laboratorio "COLECBI S.A.C."

Elaboración propia

**Tabla N° 06.** Barrido de metales para muestra experimental 02.

METALES TOTALES (mg/L)	L.C (mg/L)	MUESTRA 02 (7gr/L)
Plata (Ag)	0.002	<0.002
Aluminio (Al)	0.02	0.04
Arsénico (As)	0.01	<0.005
Boro (B)	0.003	0.932
Bario (Ba)	0.003	0.098
Berilio (Be)	0.0002	<0.0002
Calcio (Ca)	0.02	391.40
Cadmio (Cd)	0.0001	0.0648
Cerio (Ce)	0.009	<0.009
Cobalto (Co)	0.0006	0.0475
Cromo (Cr)	0.0003	<0.0003
Cobre (Cu)	0.002	0.033
Hierro (Fe)	0.002	0.074
Mercurio (Hg)	0.001	<0.001
Potasio (K)	0.1	450.0
Litio (Li)	0.003	0.070
Magnesio (Mg)	0.02	141.80
Manganeso (Mn)	0.0003	>20
Molibdeno (Mo)	0.002	0.009
Sodio (Na)	0.06	49.34
Niquel (Ni)	0.0006	0.0140
Fosforo (P)	0.01	<0.01
Plomo (Pb)	0.002	0.284
Antimonio (Sb)	0.003	<0.003
Selenio (Se)	0.005	0.011
Silice (SiO <sub>2</sub> )	0.01	7.96
Estaño (Sn)	0.003	0.012
Estroncio (Sr)	0.0003	1.7008
Titanio (Ti)	0.0007	<0.0007
Vanadio (V)	0.001	<0.001
Zinc (Zn)	0.002	11.490

Fuente: Laboratorio "COLECBI S.A.C."

Elaboración propia

**Tabla N° 07** *Ensayo físico de la muestra 01 del rio Moche.*

<b>ENSAYO</b>	<b>MUESTRA</b>
<b>pH</b>	4.63
<b>Conductividad</b>	3.21
<b>S.S.T.</b>	2205
<b>Turbidez</b>	26.2

Fuente: Laboratorio "COLECBI S.A.C"

Elaboración propia

**Tabla N° 08** *Ensayo físico de la muestra 02 del rio Moche.*

<b>ENSAYO</b>	<b>MUESTRA</b>
<b>pH</b>	7.39
<b>Conductividad</b>	3.81
<b>S.S.T.</b>	2650
<b>Turbidez</b>	<5

Fuente: Laboratorio "COLECBI S.A.C"

Elaboración propia

Anexo N°06: Proceso del trabajo de investigación.

Figura N°08: Recolección de muestras de agua.



Fuente: Elaboración propia.

Figura N°09: Recolección de cascara de frijol y secado.



Fuente: Elaboración propia.

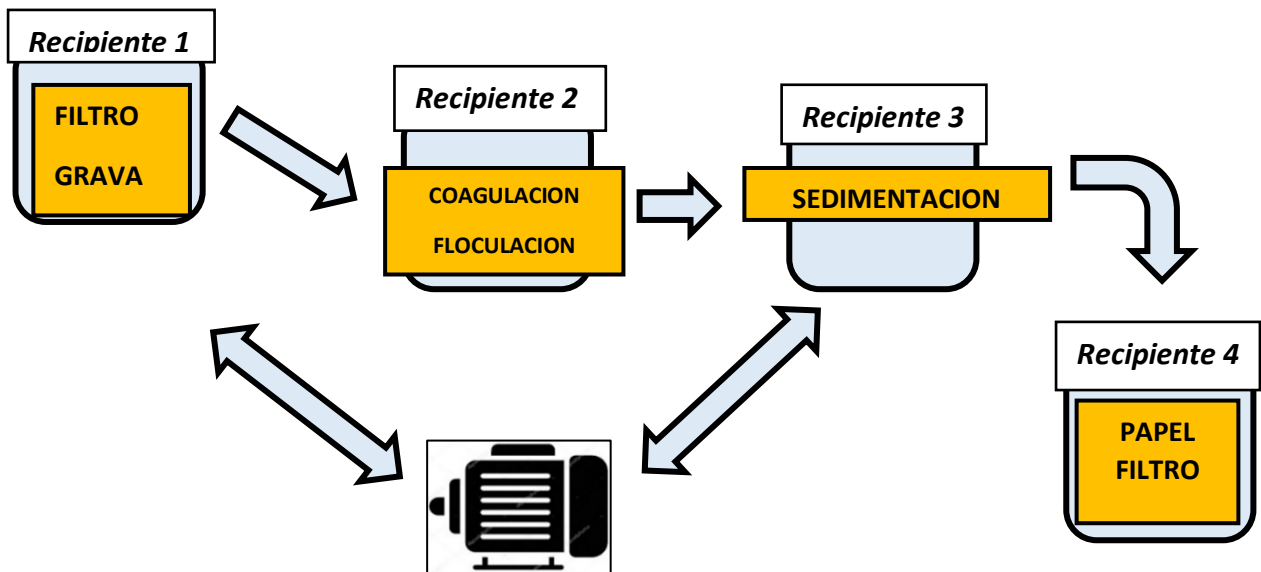


Figura N°10: Activación térmica de la cascara de frijol.



Fuente: Elaboración propia.

Figura N°11: Elaboración de biofiltro.



Fuente: Elaboración propia.

Anexo N°07: Resultados de laboratorio.

Figura N° 12: Efluorecencia de Rayos x a ceniza de cascara de frijol



**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**

(Universidad del Perú, Decana de América)

**FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS**

**Laboratorio de Arqueometría**

**Informe N°115-LAQ/2019**

**Análisis de cáscara de frejol calcinada por FRXDE**

**Introducción.**

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) una muestra de cáscara de frejol calcinada a pedido del Sr. **Burgos Valderrama, Jhonatan Aldair**, alumno de la Universidad San Pedro, sede Chimbote, y como parte de su proyecto de tesis titulada:

**“Biofiltros para Remoción de Arsénico en el Río Moche Empleando 5 g/L y 7 g/L de Polvo de Cáscara de Frejol.”**

La muestra fue previamente calcinada a 370°C durante tres horas y está en la forma de grano fino de color plomo.

**Arreglo experimental.**

Se utilizó un espectrómetro de FRXDE marca Amptek con ánodo de oro que operó a un voltaje de 30 kV y una corriente de 15  $\mu$ A. Los espectros se acumularon durante un intervalo neto de 300 s sutalizando 2048 canales, con ángulos de incidencia y salida de alrededor de 45°; distancia muestra a fuente de rayos-X de 4 cm y distancia de muestra a detector de 1.5 cm aprox. La tasa de conteo, la cual depende de la geometría del arreglo experimental y de la composición elemental de la muestra, fue de alrededor de 3060 cts/s.

Esta técnica de FRXDE permite detectar la presencia de elementos químicos de número atómico Z igual y mayor que 13 mediante la detección de los rayos-X característicos que emiten los átomos. Las energías de estos rayos-X característicos aumentan con el valor de Z y pueden ser detectados siempre y cuando posean suficiente energía para poder penetrar la ventana del detector. Por esta limitación los picos de Na (Z=11) y Mg (Z=12) no pueden ser registrados en el espectro.

La fuente de rayos-X utilizada emite rayos-X en dos componentes: un espectro con una distribución continua de 0 a 30 keV, y la otra que contiene los rayos-X característicos del tipo L y M de oro que se producen por el bombardeo del ánodo por electrones energéticos.. Como consecuencia de esto, los espectros de FRXDE poseen tres componentes principales: una



**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**  
(Universidad del Perú, Decana de América)

**FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS**  
**Laboratorio de Arqueometría**

que se puede deber a que los elementos pueden estar formando entre ellos compuestos diferentes de óxidos y/o hay una ligera deficiencia en la calibración instrumental.. Luego, estos porcentajes son normalizados a 100%, Para mayores detalles sobre la composición estructural de la muestra se sugiere hacer un análisis por difracción de rayos-X.

Tabla 1. Composición elemental de cáscara de frejol calcinada en % de masa.

Óxido	Concentración % masa	Normalizado al 100%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7.165	5.257
SiO <sub>2</sub>	94.401	69.266
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	4.570	3.353
SO <sub>2</sub>	2.879	2.106
ClO <sub>2</sub>	4.084	2.997
K <sub>2</sub> O	13.545	9.938
CaO	8.198	6.015
TiO <sub>2</sub>	0.111	0.081
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.004	0.00
MnO	0.161	0.118
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.022	0,750
Ni <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.003	0.002
CuO	0.028	0.020
ZnO	0.084	0.062
As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.007	0.005
Br <sub>2</sub> O	0.003	0.002
SrO	0.026	0.019
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.003	0.002
ZrO <sub>2</sub>	0.008	0.006
Total	136.292	100.00



**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**  
(Universidad del Perú, Decana de América)

**FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS**  
**Laboratorio de Arqueometría**

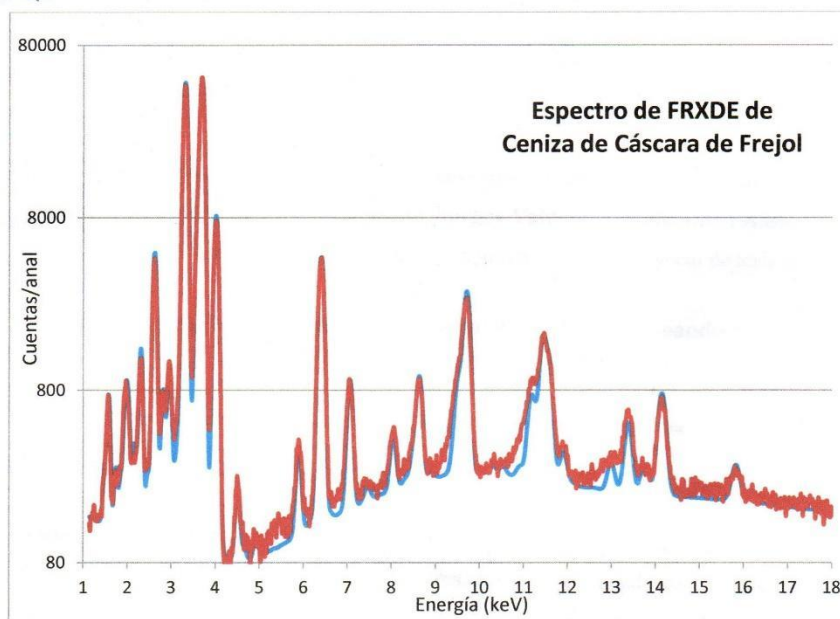


Figura 1. Espectro de FRXDE de cáscara de frejol calcinada en escala semilogarítmica. Incluye el pico de Ar del aire y los picos de rayos-X de Au dispersados por la muestra. La curva en azul muestra el espectro simulado

Investigador Responsable:

Dr. Jorge A. Bravo Cabrejos  
Laboratorio de Arqueometría



Lima, 20 de noviembre del 2019

Figura N° 13: Barrido de metales muestra patrón



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE - 046



**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° 20191007-003**

Pág. 1 de 2

SOLICITADO POR : BURGOS VALDERRAMA JHONATAN ALDAIR  
DIRECCION : Av. Aveilino Cáceres Mz 23 Lote 21 San Carlos Santa.  
NOMBRE DEL CONTACTO DEL CLIENTE : NO APLICA  
PRODUCTO DECLARADO : AGUA NATURAL SUPERFICIAL (AGUA DE RÍO).  
LUGAR DE MUESTREO : NO APLICA  
MÉTODO DE MUESTREO : NO APLICA  
PLAN DE MUESTREO : NO APLICA  
CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE EL MUESTREO : NO APLICA  
FECHA DE MUESTREO : NO APLICA  
CANTIDAD DE MUESTRA : 01 muestra.  
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : En frasco de plástico con tapa.  
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : En buen estado.  
FECHA DE RECEPCIÓN : 2019-10-07  
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2019-10-07  
FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO : 2019-10-17  
ENSAYOS REALIZADOS EN : Laboratorio Instrumental.  
CÓDIGO COLECBI : SS 191007-2

**ENSAYOS METALES**

**RESULTADOS**

METALES TOTALES (mg/L)	L.C. (mg/L)	RÍO MOCHE
Plata (Ag)	0,002	0,012
Aluminio (Al)	0,02	>25
Arsenico (As)	0,005	4,277
Boro (B)	0,003	<0,003
Bario (Ba)	0,003	0,013
Berilio (Be)	0,0002	<0,0002
Calcio (Ca)	0,02	124,70
Cadmio (Cd)	0,0001	0,2316
Cerio (Ce)	0,009	<0,009
Cobalto (Co)	0,0006	0,0686
Cromo (Cr)	0,0003	0,0103
Cobre (Cu)	0,002	12,900
Hierro (Fe)	0,002	168,284
Mercurio (Hg)	0,001	<0,001
Potasio (K)	0,1	3,4
Litio (Li)	0,003	0,069
Magnesio (Mg)	0,02	52,13
Manganeso (Mn)	0,0003	>20
Molibdeno (Mo)	0,002	<0,002
Sodio (Na)	0,06	11,17
Niquel (Ni)	0,0006	0,0274
Fósforo (P)	0,01	1,40
Plomo (Pb)	0,002	0,162
Antimonio (Sb)	0,003	0,050
Selenio (Se)	0,005	<0,005
Silice (SiO2)	0,01	20,83
Estaño (Sn)	0,003	<0,003

CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES S.A.C.

**COLECBI S.A.C.**

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 | Etapa - Nuevo Chimbote - Teléfono: 043 310752  
Celular: 998392893 - 998393974 - Apartado 127  
e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente\_colecbi@speedy.com.pe  
Web: www.colecbi.com



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE - 046



FORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° 20191007-003

Pág. 2 de 2

METALES TOTALES (mg/L)	L.C. (mg/L)	RÍO MOCHE
Talio (Tl)	0,002	0,084
Vanadio (V)	0,001	0,016
Zinc (Zn)	0,002	>20

**METODOLOGIA EMPLEADA**

**Metales Totales:** EPA Method 200.7, Rev. 4.4 EMMC Version / 1994. Determination of metals and trace elements in water and wastes by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry

**NOTA:**

- Informe de ensayo emitido en base a resultados de nuestro Laboratorio sobre muestras:  
**Proporcionadas por el Solicitante (X) Muestras por COLECBI S.A.C. ( )**
- Los resultados presentados corresponden solo a la muestra/s ensayada/s.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- No afecto al proceso de Dirimencia por su perecibilidad y/o muestra única.
- El informe incluye diagrama, croquis o fotografías: **SI ( ) NO (X )**
- Cuando el informe de ensayo ya emitido se haga una corrección o modificación se emitirá un nuevo informe de ensayo completo que haga referencia al informe que reemplaza. Los cambios se identificarán con letra negra y cursiva.

Fecha de Emisión: Nuevo Chimbote, Octubre 18 del 2019.  
GVR/jms

  
A. Gustavo Vargas Ramos  
Gerente de Laboratorios  
C.R.P. 328  
COLECBI S.A.C.

LC-MP-HRIEVO  
Rev. 06  
Fecha 2019-07-01

EL INFORME NO SE DEBE REPRODUCIR SIN LA APROBACIÓN  
DEL LABORATORIO, EXCEPTO EN SU TOTALIDAD

FIN DEL INFORME

CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES S.A.C.

**COLECBI S.A.C.**

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 | Etapa - Nuevo Chimbote - Teléfono: 043 310752  
Celular: 998392893 - 998393974 - Apartado 127  
e-mail: [colecbi@speedy.com.pe](mailto:colecbi@speedy.com.pe) / [medioambiente\\_colecbi@speedy.com.pe](mailto:medioambiente_colecbi@speedy.com.pe)  
Web: [www.colecbi.com](http://www.colecbi.com)

Figura N° 14: Barrido de metales muestra 01



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE - 046



**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° 20191130-003**

Pág. 1 de 2

CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES S.A.C.

SOLICITADO POR : BURGOS VALDERRAMA JHONATAN ALDAIR.  
DIRECCION : Jirón Andrés Avelino Cáceres Mz 23 Lote 21 Santa.  
NOMBRE DEL CONTACTO DEL CLIENTE : NO APLICA  
PRODUCTO DECLARADO : AGUA DE RIO  
LUGAR DE MUESTREO : NO APLICA  
MÉTODO DE MUESTREO : NO APLICA  
PLAN DE MUESTREO : NO APLICA  
CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE EL MUESTREO : NO APLICA  
FECHA DE MUESTREO : NO APLICA  
CANTIDAD DE MUESTRA : 01 muestra.  
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : En frasco de plástico con tapa.  
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : En buen estado.  
FECHA DE RECEPCIÓN : 2019-11-30  
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2019-11-30  
FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO : 2019-12-07  
LUGAR REALIZADO DE LOS ENSAYOS : Laboratorio de Instrumental.  
CÓDIGO COLECBI : SS 191130-2

**RESULTADOS**

**ENSAYOS METALES**

METALES TOTALES	L.C. (mg/L)	Muestra 1 5g/L
Plata (Ag)	0,002	<0,002
Aluminio (Al)	0,02	0,09
Arsénico (As)	0,005	<0,005
Boro (B)	0,003	0,608
Bario (Ba)	0,003	0,144
Berilio (Be)	0,0002	<0,0002
Calcio (Ca)	0,02	343,00
Cadmio (Cd)	0,0001	0,1618
Cerio (Ce)	0,009	<0,009
Cobalto (Co)	0,0006	0,0556
Cromo (Cr)	0,0003	<0,0003
Cobre (Cu)	0,002	0,537
Hierro (Fe)	0,002	18,220
Mercurio (Hg)	0,001	<0,001
Potasio (K)	0,1	306,8
Litio (Li)	0,003	0,077
Magnesio (Mg)	0,02	101,80
Manganeso (Mn)	0,0003	>20
Molibdeno (Mo)	0,002	<0,002
Sodio (Na)	0,06	64,26
Niquel (Ni)	0,0006	0,0164
Fósforo (P)	0,01	<0,01
Plomo (Pb)	0,002	0,427
Antimonio (Sb)	0,003	<0,003
Selenio (Se)	0,005	<0,005
Silice (SiO <sub>2</sub> )	0,01	13,90

**COLECBI S.A.C.**

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 | Etapa - Nuevo Chimbote - Teléfono: 043 310752  
Celular: 998392893 - 998393974 - Apartado 127  
e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente\_colecbi@speedy.com.pe  
Web: www.colecbi.com



**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° 20191130-003**

Pág. 2 de 2

METALES TOTALES	L.C. (mg/L)	Muestra 1 5g/L
Estaño (Sn)	0,003	<0,003
Estroncio (Sr)	0,0003	1,6983
Titanio (Ti)	0,0007	<0,0007
Talio (Tl)	0,002	0,051
Vanadio (V)	0,001	<0,001
Zinc (Zn)	0,002	>20

**METODOLOGIA EMPLEADA**

**Metales Totales:** EPA Method 200.7, Rev. 4.4 EMMC Version / 1994. Determination of metals and trace elements in water and wastes by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry

**NOTA:**

- Informe de ensayo emitido en base a resultados de nuestro Laboratorio sobre muestras:  
**Proporcionadas por el Solicitante (X)**      **Muestras por COLECBI S.A.C. ( )**
- Los resultados presentados corresponden solo a la muestra/s ensayada/s.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- No afecto al proceso de Dirimencia por su perecibilidad y/o muestra única.
- El informe incluye diagrama, croquis o fotografías:      **SI ( )**      **NO (X )**
- Cuando el informe de ensayo ya emitido se haga una corrección o modificación se emitirá un nuevo informe de ensayo completo que haga referencia al informe que reemplaza. Los cambios se identificarán con letra negrita y cursiva.

Fecha de Emisión: Nuevo Chimbote, Diciembre 09 del 2019.  
GVR/jms

A. Gustavo Vargas Ramos  
Gerente de Laboratorios  
C.B.P. 333  
COLECBI S.A.C.

LC-MP-HR1EVO  
Rev. 06  
Fecha 2019-07-01

EL INFORME NO SE DEBE REPRODUCIR SIN LA APROBACIÓN  
DEL LABORATORIO, EXCEPTO EN SU TOTALIDAD

FIN DEL INFORME

**COLECBI S.A.C.**

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 | Etapa - Nuevo Chimbote - Teléfono: 043 310752  
Celular: 998392893 - 998393974 - Apartado 127  
e-mail: [colecbi@speedy.com.pe](mailto:colecbi@speedy.com.pe) / [medioambiente\\_colecbi@speedy.com.pe](mailto:medioambiente_colecbi@speedy.com.pe)  
Web: [www.colecbi.com](http://www.colecbi.com)



Figura N° 15: Barrido de metales muestra 02



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE - 046**



CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES S.A.C.

**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° 20191130-004**

Pág. 1 de 2

SOLICITADO POR : BURGOS VALDERRAMA JHONATAN ALDAIR.  
 DIRECCION : Jirón Andrés Avelino Cáceres Mz 23 Lote 21 Santa.  
 NOMBRE DEL CONTACTO DEL CLIENTE : NO APLICA  
 PRODUCTO DECLARADO : AGUA DE RIO  
 LUGAR DE MUESTREO : NO APLICA  
 MÉTODO DE MUESTREO : NO APLICA  
 PLAN DE MUESTREO : NO APLICA  
 CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE EL MUESTREO : NO APLICA  
 FECHA DE MUESTREO : NO APLICA  
 CANTIDAD DE MUESTRA : 01 muestra.  
 PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : En frasco de plástico con tapa.  
 CONDICIÓN DE LA MUESTRA : En buen estado.  
 FECHA DE RECEPCIÓN : 2019-11-30  
 FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2019-11-30  
 FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO : 2019-12-07  
 LUGAR REALIZADO DE LOS ENSAYOS : Laboratorio de Instrumental.  
 CÓDIGO COLECBI : SS 191130-2

**RESULTADOS**

**ENSAYOS METALES**

METALES TOTALES	L.C. (mg/L)	Muestra 2 7g/L
Plata (Ag)	0,002	<0,002
Aluminio (Al)	0,02	0,04
Arsénico (As)	0,005	<0,005
Boro (B)	0,003	0,932
Bario (Ba)	0,003	0,098
Berilio (Be)	0,0002	<0,0002
Calcio (Ca)	0,02	391,40
Cadmio (Cd)	0,0001	0,0648
Cerio (Ce)	0,009	<0,009
Cobalto (Co)	0,0006	0,0475
Cromo (Cr)	0,0003	<0,0003
Cobre (Cu)	0,002	0,033
Hierro (Fe)	0,002	0,074
Mercurio (Hg)	0,001	<0,001
Potasio (K)	0,1	450,0
Litio (Li)	0,003	0,070
Magnesio (Mg)	0,02	141,80
Manganeso (Mn)	0,0003	>20
Molibdeno (Mo)	0,002	0,009
Sodio (Na)	0,06	49,34
Níquel (Ni)	0,0006	0,0140
Fósforo (P)	0,01	<0,01
Plomo (Pb)	0,002	0,284
Antimonio (Sb)	0,003	<0,003
Selenio (Se)	0,005	0,011
Silice (SiO <sub>2</sub> )	0,01	7,96

**COLECBI S.A.C.**

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 | Etapa - Nuevo Chimbote - Teléfono: 043 310752  
 Celular: 998392893 - 998393974 - Apartado 127  
 e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente\_colecbi@speedy.com.pe  
 Web: www.colecbi.com



INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° 20191130-004

Pág. 2 de 2

METALES TOTALES	L.C. (mg/L)	Muestra 2 7g/L
Estaño (Sn)	0,003	0,012
Estroncio (Sr)	0,0003	1,7008
Titanio (Ti)	0,0007	<0,0007
Talio (Tl)	0,002	0,070
Vanadio (V)	0,001	<0,001
Zinc (Zn)	0,002	11,490

**METODOLOGÍA EMPLEADA**

**Metales Totales:** EPA Method 200.7, Rev. 4.4 EMMC Version / 1994. Determination of metals and trace elements in water and wastes by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry.

**NOTA:**

- Informe de ensayo emitido en base a resultados de nuestro Laboratorio sobre muestras:  
Proporcionadas por el Solicitante (X) Muestras por COLECBI S.A.C. ( )
- Los resultados presentados corresponden solo a la muestra/s ensayada/s.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- No afecto al proceso de Dirimencia por su perechibilidad y/o muestra única.
- El informe incluye diagrama, croquis o fotografías: SI ( ) NO (X )
- Cuando el informe de ensayo ya emitido se haga una corrección o modificación se emitirá un nuevo informe de ensayo completo que haga referencia al informe que reemplaza. Los cambios se identificarán con letra negra y cursiva.

Fecha de Emisión: Nuevo Chimbote, Diciembre 09 del 2019.  
GVR/jms

A. Gustavo Vargas Ramos  
Gerente de Laboratorios  
C.B.P. 323  
COLECBI S.A.C.

LC-MP-HR1EVD  
Rev. 06  
Fecha 2019-07-01

EL INFORME NO SE DEBE REPRODUCIR SIN LA APROBACIÓN  
DEL LABORATORIO, EXCEPTO EN SU TOTALIDAD

FIN DEL INFORME

CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES S.A.C.

**COLECBI S.A.C.**

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 I Etapa - Nuevo Chimbote - Teléfono: 043 310752  
Celular: 998392893 - 998393974 - Apartado 127  
e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente\_colecbi@speedy.com.pe  
Web: www.colecbi.com

Figura N° 16: Ensayo físico químico del material



**CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES**

**“COLECBI” S.A.C.**

REGISTRADO EN LA DIRECCIÓN GENERAL DE POLÍTICAS Y DESARROLLO PESQUERO - PRODUCE

CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES S.A.C.

**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° 20191203-002**

Pág. 1 de 1

SOLICITADO POR	: BURGOS VALDERRAMA JHONATAN ALDAIR
DIRECCION	: Av. Avelino Cáceres Mz 23 Lote 21 San Carlos Santa.
NOMBRE DEL CONTACTO DEL CLIENTE	: NO APLICA
PRODUCTO DECLARADO	: POLVO DE CASCARA DE FREJOL.
LUGAR DE MUESTREO	: NO APLICA
MÉTODO DE MUESTREO	: NO APLICA
PLAN DE MUESTREO	: NO APLICA
CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE EL MUESTREO	: NO APLICA
FECHA DE MUESTREO	: NO APLICA
CANTIDAD DE MUESTRA	: 01 muestra.
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA	: En bolsa de polietileno, cerrada.
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	: En buen estado.
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2019-12-03
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO	: 2019-12-03
FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO	: 2019-12-04
ENSAYOS REALIZADOS EN	: Laboratorio Físico Químico.
CÓDIGO COLECBI	: SS 191203-2

**RESULTADOS**

MUESTRA	ENSAYO
	pH
POLVO DE CASCARA DE FREJOL	11,32

**METODOLOGIA EMPLEADA**

pH : Potenciométrico.

**NOTA:**

- Informe de ensayo emitido en base a resultados de nuestro Laboratorio sobre muestras :  
**Proporcionadas por el Solicitante (X) Muestras por COLECBI S.A.C. ( )**
- Los resultados presentados corresponden solo a la muestra/s ensayada/s.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- No afecta al proceso de Dirimencia por su perecibilidad y/o muestra única.
- El informe incluye diagrama, croquis o fotografías: **SI ( ) NO ( X )**
- Cuando el informe de ensayo ya emitido se haga una corrección o modificación se emitirá un nuevo informe de ensayo completo que haga referencia al informe que reemplaza. Los cambios se identificarán con letra negrita y cursiva.

Fecha de Emisión: Nuevo Chimbote, Diciembre 05 del 2019.

GVR/jms

A. Gustavo Vergas Ramos  
Gerente de Laboratorios  
C.R.P. 326  
COLECBI S.A.C.

LC-MP-HRUEVO  
Rev. 05  
Fecha 2019-07-01

EL INFORME NO SE DEBE REPRODUCIR SIN LA APROBACIÓN DEL LABORATORIO, EXCEPTO EN SU TOTALIDAD

FIN DEL INFORME

**COLECBI S.A.C.**

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 | Etapa - Nuevo Chimbote - Teléfono: 043 310752

Celular: 998392893 - 998393974 - Apartado 127

e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente\_colecbi@speedy.com.pe

Web: www.colecbi.com



**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° 20191130-005**

Pág. 1 de 1

SOLICITADO POR : BURGOS VALDERRAMA JHONATAN ALDAIR.  
DIRECCION : Jirón Andrés Avelino Cáceres Mz 23 Lote 21 Santa.  
NOMBRE DEL CONTACTO DEL CLIENTE : NO APLICA  
PRODUCTO DECLARADO : AGUA DE RIO  
LUGAR DE MUESTREO : NO APLICA  
MÉTODO DE MUESTREO : NO APLICA  
PLAN DE MUESTREO : NO APLICA  
CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE EL MUESTREO : NO APLICA  
FECHA DE MUESTREO : NO APLICA  
CANTIDAD DE MUESTRA : 04 muestras.  
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : En frascos de plástico con tapa.  
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : En buen estado.  
FECHA DE RECEPCIÓN : 2019-11-30  
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2019-11-30  
FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO : 2019-12-01  
LUGAR REALIZADO DE LOS ENSAYOS : Laboratorio Físico Químico.  
CÓDIGO COLECBI : SS 191130-2

**RESULTADOS**

ENSAYOS	MUESTRA
	RÍO MOCHE
S.T.D. (mg/L)	3360
(*) Turbidez (NTU)	19,2
Conductividad (uS/cm)	3,12
(**) Ph	2,5

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por INACAL-DA.

(\*\*) Fuera del alcance por tiempo de vigencia de la muestra, según la tabla 1060: I: SMEWW-APHA-AWWA-WEF METODOLOGÍA EMPLEADA

Sólidos Totales Disueltos: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 C, 23rd Ed. 2017. Solids. Total Dissolved Solids Dried at 180°C. Turbidez: APHA, AWWA and WEF/SM 23rd Edition 2017 2130B

Conductividad: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510 B, 23rd Ed. 2017. Conductivity. Laboratory Method.

pH: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed.2017, pH Value, Electrometric Method.

**NOTA:**

- Informe de ensayo emitido en base a resultados de nuestro Laboratorio sobre muestras :  
**Proporcionadas por el Solicitante (X) Muestras tomadas por COLECBI S.A.C. ( )**
- Los resultados presentados corresponden solo a la muestra/s ensayada/s.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- No afecta al proceso de Dirimencia por su perecibilidad y/o muestra única.
- El informe incluye diagrama, croquis o fotografías : **SI ( ) NO ( X )**
- Cuando el informe de ensayo ya emitido se haga una corrección o modificación se emitirá un nuevo informe de ensayo completo que haga referencia al informe que reemplaza. Los cambios se identificarán con letra negra y cursiva.

Fecha de Emisión: Nuevo Chimbote, Diciembre 02 del 2019.  
GVR/jms

A. Gustavo Vargas Ramos  
Gerente de Laboratorios  
C.B.R. 378  
COLECBI S.A.C.

LC-MP -HRIEVO  
Rev. 06  
Fecha 2019-07-01

EL INFORME NO SE DEBE REPRODUCIR SIN LA APROBACIÓN  
DEL LABORATORIO, EXCEPTO EN SU TOTALIDAD

FIN DEL INFORME

**COLECBI S.A.C.**

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 | Etapa - Nuevo Chimbote - Teléfono: 043 310752  
Celular: 998392893 - 998393974 - Apartado 127  
e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente\_colecbi@speedy.com.pe  
Web: www.colecbi.com



**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° 20191205-022**

Pág. 1 de 1

SOLICITADO POR : BURGOS VALDERRAMA JHONATAN ALDAIR  
DIRECCION : Av. Avellino Cáceres Mz 23 Lote 21 San Carlos Santa  
NOMBRE DEL CONTACTO DEL CLIENTE : NO APLICA.  
PRODUCTO DECLARADO : AGUA NATURAL SUPERFICIAL (AGUA DE RÍO).  
LUGAR DE MUESTREO : NO APLICA.  
MÉTODO DE MUESTREO : NO APLICA.  
PLAN DE MUESTREO : NO APLICA.  
CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE EL MUESTREO : NO APLICA.  
FECHA DE MUESTREO : NO APLICA.  
CANTIDAD DE MUESTRA : 06 muestras.  
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : Frasco de plástico con tapa.  
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : En buen estado.  
FECHA DE RECEPCIÓN : 2019-12-05  
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2019-12-05  
FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO : 2019-12-06  
LUGAR REALIZADO DE LOS ENSAYOS : Laboratorio Físico Químico.  
CÓDIGO COLECBI : SS 191205-7

**RESULTADOS**

ENSAYOS	MUESTRAS	
	MUESTRA 1 - 5g/L	MUESTRA 2 - 7g/L
S.T.D. (mg/L)	2 205	2 650
Conductividad (mS/cm)	3,21	3,81
(*) pH	4,63	7,39
(**) Turbidez (NTU)	26,2	<5

(\*) Fuera del alcance de la acreditación por vigencia de muestra  
(\*\*) El método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA.

**METODOLOGÍA EMPLEADA**

Sólidos Totales Disueltos: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 C, 23rd Ed. 2017. Solids. Total Dissolved Solids Dried at 180°C.  
Conductividad : SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2510 B, 23rd Ed. 2017. Conductivity. Laboratory Method.

pH: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed. 2017. pH Value. Electrometric Method.

Turbidez : APHA, AWWA and WEF/SM 23rd. Edition 2017 2130B

**NOTA:**

- Informe de ensayo emitido en base a resultados de nuestro Laboratorio sobre muestras:  
**Proporcionadas por el Solicitante ( X ) Muestras tomadas por COLECBI S.A.C. ( )**
- Los resultados presentados corresponden solo a la muestra/s ensayada/s.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- No afecta al proceso de Dirimencia por su perecibilidad y/o muestra única.
- El informe incluye diagrama, croquis o fotografías : **SI ( ) NO ( X )**
- Cuando el informe de ensayo ya emitido se haga una corrección o modificación se emitirá un nuevo informe de ensayo completo que haga referencia al informe que reemplaza. Los cambios se identificarán con letra negrita y cursiva.

Fecha de Emisión: Nuevo Chimbote, Diciembre 07 del 2019.

GVR/jms

A. Gustavo Vargas Ramos  
Gerente de Laboratorios  
C.B.P. 826  
COLECBI/S.A.C.

LC-MP-HRIEVO  
Rev. 06  
Fecha 2019-07-01

EL INFORME NO SE DEBE REPRODUCIR SIN LA APROBACIÓN  
DEL LABORATORIO, EXCEPTO EN SU TOTALIDAD

FIN DEL INFORME

**COLECBI S.A.C.**

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 | Etapa - Nuevo Chimbote - Teléfono: 043 310752  
Celular: 998392893 - 998393974 - Apartado 127  
e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente\_colecbi@speedy.com.pe  
Web: www.colecbi.com

Anexo N°08: Resultados de programa SPSS.

**Prueba T**

**Tabla N° 09 Prueba T en programa SPSS.**

<b>Notas</b>		
Salida creada		12-MAR-2021 18:46:08
Comentarios		
Entrada	Datos	D:\RACSO 2021\PROCESO ING CIVIL - ANOVA\BASE Remoción de arsenico rio Moche con biofiltro con polvo de cascara de frijol.sav
	Conjunto de datos activo	ConjuntoDatos1
	Filtro	<ninguno>
	Ponderación	<ninguno>
	Segmentar archivo	<ninguno>
	N de filas en el archivo de datos de trabajo	2
Manejo de valores perdidos	Definición de perdidos	Los valores perdidos definidos por el usuario se trata como valores perdidos.
	Casos utilizados	Las estadísticas para cada análisis se basan en los casos sin datos perdidos o fuera de rango para cualquier variable del análisis.
Sintaxis		T-TEST PAIRS=Ars_A WITH Ars_D (PAIRED)  /CRITERIA=CI(.9500)  /MISSING=ANALYSIS.
Recursos	Tiempo de procesador	00:00:00.02
	Tiempo transcurrido	00:00:00.01

Fuente: SPPSS

**Tabla N° 10 Estadísticas de muestras emparejadas.**

		Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Par 1	Ars_A	4,27700	2	,000000	,000000
	Ars_D	,00450	2	,000707	,000500

Fuente: SPPSS

**Tabla N° 11 Correlaciones de muestras emparejadas.**

		N	Correlación	Sig.
Par 1	Ars_A & Ars_D	2	.	.

**Tabla N° 12 Cuadro de prueba de muestras emparejadas.**

**Prueba de muestras emparejadas**

		Diferencias emparejadas							
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
					Inferior	Superior			
Par 1	Ars_A - Ars_D	4,27250 0	,000707	,000500	4,266147	4,278853	8545.000	1	,000

Fuente: SPPSS