



Universidad César Vallejo

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

Biofiltro con carbón activado de cáscaras de aguaymanto y
manzana para aguas contaminadas con arsénico, Rio grande -
Huamachuco, 2023

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

AUTORES:

Centeno Baldeon, Leydi Angelli (orcid.org/0000-0002-2728-9786)

Chambi Muñoz, Brayan Robert (orcid.org/0000-0001-5101-2667)

ASESOR:

Dr. Sernaque Auccahuasi, Fernando Antonio (orcid.org/0000-0003-1485-5854)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión de Riesgos y Adaptación al Cambio Climático

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA - PERÚ

2023

Dedicatoria

Dedico esta tesis a las personas que más nos han influenciado en la vida, dándonos los mejores consejos, guiándonos y haciéndonos unas personas de bien, con todo mi amor y afecto dedico a:

Mi madre, padre y hermanos que me ayudaron en todo lo necesario para mis estudios y vivir bien, a Dios todopoderoso por ser mi fortaleza fuente de apoyo, amigos que me han ayudado en las buenas y malas, así poder acabar exitosamente la prestigiosa carrera de Ingeniería ambiental.

Centeno Baldeón, Leydi Angelli

Dedicatoria

Dedico mi tesis a mis padres por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; mi madre que es un pilar fundamental, y su bendición a lo diario de mi vida me lleva por el buen camino y me protege. Por eso te dedico mi trabajo; por el amor, paciencia y por confiar siempre en mí. Para finalizar a la persona que me acompañó en este proceso, llegándose a preocupar en momentos turbulentos, motivándome y ayudándome hasta donde sus alcances lo permitían.

Chambi Muñoz, Brayan Robert

Agradecimiento.

Agradezco a Dios por proporcionarnos fuerza y salud para el desarrollo de nuestra tesis, a todos los que se involucraron desinteresadamente al desarrollo de nuestra tesis fueron muchas las personas, docentes, compañeros, familiares, amigos, que aportaron de diferente manera es por ello que estoy infinitamente agradecido, no quiero dejar de mencionar a nuestro asesor el Dr. Fernando Antonio Sernaque Auccahuasi, un excelente profesional, quien nos brindó su constante apoyo, formación, tolerancia, entrega de conocimiento para la culminación de nuestra tesis.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, SERNAQUE AUCCAHUASI FERNANDO ANTONIO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, asesor de Tesis titulada: "BIOFILTRO CON CARBÓN ACTIVADO DE CÁSCARAS DE AGUAYMANTO Y MANZANA PARA AGUAS CONTAMINADAS CON ARSÉNICO, RIO GRANDE - HUAMACHUCO, 2023", cuyos autores son CENTENO BALDEON LEYDI ANGELLI, CHAMBI MUÑOZ BRAYAN ROBERT, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 13.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

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

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

LIMA, 17 de Diciembre del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
FERNANDO ANTONIO SERNAQUE AUCCAHUASI DNI: 07234567 ORCID: 0000-0003-1485-5854	Firmado electrónicamente por: FSERNAQUEA el 18- 01-2024 12:29:32

Código documento Trilce: TRI - 0699448



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, CENTENO BALDEON LEYDI ANGELLI, CHAMBI MUÑOZ BRAYAN ROBERT estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "BIOFILTRO CON CARBÓN ACTIVADO DE CÁSCARAS DE AGUAYMANTO Y MANZANA PARA AGUAS CONTAMINADAS CON ARSÉNICO, RIO GRANDE - HUAMACHUCO, 2023", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

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

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

Nombres y Apellidos	Firma
BRAYAN ROBERT CHAMBI MUÑOZ DNI: 70201675 ORCID: 0000-0001-5101-2667	Firmado electrónicamente por: BCHAMBI el 17-12-2023 18:23:23
LEYDI ANGELLI CENTENO BALDEON DNI: 74905919 ORCID: 0000-0002-2728-9786	Firmado electrónicamente por: LCENTENOB el 17-12-2023 11:03:34

Código documento Trilce: TRI - 0699446

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR	iv
DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DEL AUTOR / AUTORES.....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE GRAFICOS Y FIGURAS.....	viii
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	11
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	11
3.2. Variables y operacionalización.....	11
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis	12
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	14
3.5. Procedimiento	16
3.6. Método de análisis de datos	19
3.7. Aspectos éticos	20
IV. RESULTADOS	22
V. DISCUSIÓN.....	34
VI. CONCLUSIONES	38
VII. RECOMENDACIONES	39
REFERENCIAS	40
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Instrumentos para la medición de parámetros.....	15
Tabla 2: Medición de parámetros del tratamiento.....	19
Tabla 3: Características del Biocarbón elaborado.....	22
Tabla 4: Características físicas y químicas en muestra de agua del Rio Grande – Huamachuco, 2023.....	23
Tabla 5: Concentración de arsénico en muestra de agua por horas de tratamiento.....	23
Tabla 6: Concentración de arsénico (en ug/L) en muestras de agua por horas de tratamiento.....	25
Tabla 7: Estadísticos descriptivos.....	25
Tabla 8: Porcentaje de remoción de arsénico por cada tipo de biocarbón.....	26
Tabla 9: Concentraciones de metales pesado por tipo de biofiltro.....	27
Tabla 10: Prueba de Normalidad.....	28
Tabla 11: Prueba de Kruskal-Wallis.....	29
Tabla 12: Interpretación de la prueba de Kruskal-Wallis.....	29
Tabla 13: Prueba de Hipótesis Específica 1.....	30
Tabla 14: Prueba de Hipótesis Específica 2.....	31
Tabla 15: Prueba de Friedman para determinar diferencias significativas.....	32
Tabla 16: Prueba de correlación de Rho de Spearman.....	33

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Diseño de biofiltros.....	18
Figura 2: Material de cascaras de manzana.....	78
Figura 3: Material de cascaras de aguaymanto.....	78
Figura 4: Fuentes de aluminio.....	78
Figura 5: Cascaras de manzana y aguaymanto en la fuente.....	78
Figura 6: Material obtenido después del método de pirolisis.....	79
Figura 7: Triturado del biocarbón.....	79
Figura 8: Tamizado del biocarbón.....	79
Figura 9: Lavado y secado en la estufa.....	80
Figura 10: Almacenamiento del material de biocarbón.....	80
Figura 11: Medición del pH.....	80
Figura 12: Medición de la conductividad eléctrica.....	81
Figura 13: Medición de la turbidez.....	81
Figura 14: Pesaje para la activación.....	81
Figura 15: Agua destilada 10 ml.....	81
Figura 16: Etanol 10 ml.....	82
Figura 17: Mezcla con los 5 gr de biocarbón.....	82
Figura 18: Preparación del KMnO_4	82
Figura 19: 1 gr KMnO_4 en 100 ml de agua destilada.....	83
Figura 20: Se añadió 5 ml a la mezcla de biocarbón.....	83
Figura 21: Se coloco en el agitador, se coló y se dejó secar por 48 h a temperatura ambiente.....	83
Figura 22: Toma de muestra de agua.....	84

Figura 23: Almacenamiento de la muestra de agua.....	84
Figura 24: Apuntes de los datos y rotulación de la muestra de agua.....	84
Figura 25: Biofiltro de material acrílico.....	85
Figura 26: Lavado del piedrín y arena sílica.....	85
Figura 27: Armado del biofiltro con el piedrín.....	85
Figura 28: Armado del biofiltro con la arena sílica.....	85
Figura 29: Colocación de material de biocarbón.....	86
Figura 30: Muestras Nulas.....	86
Figura 31: Biofiltros con biocarbón de manzana y aguaymanto.....	86
Figura 32: Biofiltros con biocarbón de aguaymanto.....	86
Figura 33: Biofiltro con biocarbón de manzana.....	87
Figura 34: Colocación de la muestra de agua.....	87
Figura 35: Se colocó una muestra de 1 L por biofiltro.....	88
Figura 36: Toma de las muestras de agua por cada 3h.....	88

RESUMEN

Se planteó como objetivo determinar la eficiencia del biofiltro con carbón activado de cáscaras de aguaymanto y manzana para aguas contaminadas con arsénico, Río Grande – Huamachuco. Para lo cual, se empleó como metodología una investigación aplicada con diseño experimental pura, la muestra estuvo formada por 12 L tomados del punto de descarga de efluentes cercanas a las concesiones mineras en Río Grande – Huamachuco. Para el muestreo se siguieron las recomendaciones dispuestas en el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales del ANA, llegando así a utilizar biofiltro que se entiende como un reactor que contiene material de carbón activado del biomaterial de cáscara de manzana y aguaymanto. El resultado indica que la producción de biocarbón de las cáscaras de manzana y aguaymanto, obteniendo un rendimiento del 17.96% y 16.46% respectivamente. La porosidad fue de 54.40% y 46.40, y se logró una eficaz reducción de arsénico, con tasas que oscilaron entre el 84% y el 90% tras 12 horas de tratamiento. Concluyendo que con la consideración de los tiempos 3, 6, 9 y 12 horas, alcanzando una eficiencia de remoción de arsénico del 88%, 82%, 88% y 90% respectivamente.

Palabras clave: Biofiltro, carbón activado, agua con arsénico, contaminación

ABSTRACT

The objective was to determine the efficiency of the biofilter with activated carbon from aguaymanto and apple peels for water contaminated with arsenic, Rio Grande - Huamachuco. For which, applied research with a pure experimental design was used as a methodology, the sample was made up of 12 L taken from the effluent discharge point near the mining concessions in Río Grande – Huamachuco. For sampling, the recommendations provided in the National Protocol for Monitoring the Quality of Surface Water Resources of the ANA were followed, thus using a biofilter, which is understood as a reactor that contains activated carbon material from apple peel biomaterial and aguaymanto. The result indicates that the production of biochar was apple peel and aguaymanto, obtaining a yield of 17.96% and 16.46% respectively. The porosity was 54.40% and 46.40%, and an effective reduction of arsenic was achieved, with rates that ranged between 84% and 90% after 12 treatments. Concluding that with the consideration of times 3, 6, 9 and 12 hours, reaching an arsenic removal efficiency of 88%, 82%, 88% and 90% respectively.

Keywords: Biofilter, Activated carbon, Water with arsenic, Pollution

I. INTRODUCCIÓN

El agua es esencial para la vida en el planeta; sin embargo, existe un delicado equilibrio entre el agua disponible en el sistema hídrico y el agua destinada para las actividades humanas para que pueda perdurar la conservación de los ecosistemas (Valdivieso, Vásquez y Custodio, 2021, p. 147). De manera natural el agua siempre tendrá intercambio de elementos con las sedimentaciones, pero, debido a las actividades antropogénicas la concentración de los elementos puede ser excesiva (Delgado, Carol, Di Lello y Mac, 2020, p.455).

Uno de los elementos más alarmantes es el arsénico, sobre todo en lugares donde la principal fuente de abastecimiento de agua es subterránea (Collazo et al, 2020, p.45). De acuerdo con Podgorski y Berg (2020) entre 94 y 220 millones de personas están expuestas a altas concentraciones de arsénico debido al uso de aguas subterráneas (p.1). y Kumar et al (2019) establece que en promedio 14 millones de latinoamericanos consumen agua contaminada por arsénico (p.1), en casos más extremos se han llegado a reportar concentraciones mayores a 2000 µg/L cuando el límite es de 10 µg/L según la OMS (2022).

El arsénico en el agua se caracteriza por su alta toxicidad, persistencia y bioacumulación (Aveiga, Noles, Peñarrieta y Murgueitio, 2020, p. 261), además que la presencia de este contaminante en las aguas superficiales puede ocasionar un desorden fisiológico en las especies acuáticas (Belizario et al, 2019, p.224), y enfermedades en salud humanas, se relaciona mucho al arsénico con enfermedades como el cáncer a la piel y al pulmón (Lerda y Gargantini, 2022, p.330).

La presencia de arsénico llega al agua principalmente por actividades industriales como la galvanoplastia, fabricación de baterías de plomo, productos farmacéuticos y minerías (Castro et al, 2019, p.336). Otro de los medios que generan la presencia de este contaminante es la aplicación de herbicidas e insecticidas arsenicales (Duarte et al, 2022, p. 2). Aunque la contaminación por arsénico no solo se da por causas antropogénicas, también puede darse de forma natural de origen geogénico

o en complejos volcánicos, fumarolas, fuentes termales, gases y fluidos geotérmicos (Altamirano y Delgado, 2020, p.58).

En el Perú, debido a las actividades mineras y metalúrgicas, se han presentado casos de contaminación por arsénico; Grados (2018) reportó la presencia de arsénico en Rio Grande – Huamachuco (p.24); teniendo en cuenta que el agua de este río sirve como fuente de abastecimiento a la población tenemos un caso preocupante de contaminación de arsénico; Alarcón y Peláez (2019) indicaron que la presencia de arsénico en Huamachuco ha pasado del agua hacia el suelo y de este medio hacia los cultivos (p.144).

El río Huamachuco se encuentra en la provincia Sánchez y cruza el distrito de Huamachuco, este distrito cuenta con una extensión territorial de 42 413 km² y está a unos 3169 m.s.n.m. (Municipalidad Provincial Sánchez Carrión, 2023). En esta provincia habitan 66 902 (INEI, 2018, p. 325) los cuales consumen un total de 24 390 000 m³ de agua al año, de los cuales 3 820 000 m³ se utilizan en minería, 11 370 000 el sector agrícola, 80 000 m³ el sector industrial, y 9 120 000 m³ es para consumo poblacional (INEI, 2022, p.35). Por lo que es imperativo implementar medidas de remediación para tratar las aguas contaminadas.

Es esencial disponer del agua, no solo en cantidad, sino también en calidad, por lo que ya sea para uso doméstico o cualquier otro uso, el agua debe estar libre de contaminantes (Cáceres y Minaverry, 2020, p. 47). Afortunadamente, en la actualidad existen diversos métodos que sirven para depurar los contaminantes del agua, aunque las técnicas convencionales (osmosis, osmosis inversa, radiación ultravioleta, ozonización) son muy costosas (Ponce, 2021, p.9). Por lo que surge el uso del carbón activado una alternativa tentativa mucho más económica y que ha demostrado una alta eficiencia en la absorción de metales

Por lo que, surge la interrogante: ¿Cuál será la eficiencia del biofiltro con carbón activado de cáscaras de aguaymanto y manzana para aguas contaminadas con arsénico, Rio Grande - Huamachuco, 2023?; y, de manera específica se planeó: ¿cuáles serán las características físicas y químicas del biofiltro con carbón activado de cáscaras de aguaymanto y manzana para aguas contaminadas con arsénico, Rio Grande - Huamachuco, 2023?; ¿cuál será el tiempo de contacto adecuado para

el tratamiento por biofiltro con carbón activado de cáscaras de aguaymanto y manzana para aguas contaminadas con arsénico, Rio Grande - Huamachuco, 2023?; y, ¿cuál será la capacidad de remoción de arsénico del biofiltro con carbón activado de cáscaras de aguaymanto y manzana para aguas contaminadas, Rio Grande - Huamachuco, 2023?.

La presente investigación tiene una justificación social, Arias y Covinos (2021) indican que esta justificación se da cuando se mejoran las condiciones de una sociedad para otorgar una mejor calidad de vida (p.63). Por lo que, mediante la aplicación de esta investigación se contribuye a la mejora de la calidad de vida en el componente ambiental.

Por otro lado, se presenta una justificación práctica. Arias y Covinos (2021) establecen que esta justificación se da cuando se llevan los conocimientos y la teoría al campo para dar una solución a un problema real (p.63). En este caso en particular se está aplicando un tratamiento para eliminar el arsénico de las aguas.

En consecuencia, se planteó como objetivo principal, evaluar la eficiencia del tratamiento del biofiltro con carbón activado de cáscaras de aguaymanto y manzana para aguas contaminadas con arsénico, Rio Grande - Huamachuco, 2023; y, de manera específica se planeó: identificar las características físicas y químicas del biofiltro con carbón activado de cáscaras de aguaymanto y manzana para aguas contaminadas con arsénico, Rio Grande - Huamachuco, 2023; identificar el tiempo de contacto adecuado para el tratamiento por biofiltro con carbón activado de cáscaras de aguaymanto y manzana para aguas contaminadas con arsénico, Rio Grande - Huamachuco, 2023 e, identificar la capacidad de remoción de arsénico por biofiltro con carbón activado de cáscaras de aguaymanto y manzana para aguas contaminadas, Rio Grande - Huamachuco, 2023.

II. MARCO TEÓRICO

Mukherjee et al (2021), se plantearon como objetivo determinar la eficiencia del biocarbón elaborado con los residuos agrícolas para la depuración de arsénico, por lo que, sometieron la paja de arroz a un proceso de pirólisis como método de calcinación a 600 °C para la obtención del carbón activado; luego aplicaron el tratamiento a temperatura ambiente de 25 °C y el pH tuvo un rango de variación de 4.0 a 10.0; obteniendo como resultado que en 120 min se obtiene una capacidad de absorción de 25,6 µg/g de arsénico (V), la capacidad de absorción fue variando aumentaba la concentración inicial de arsénico en la muestra a los 25°C a con pH 6.5 y agitación de 250 rpm durante 180 min, con una concentración inicial de 10 µg/L se redujo un 49.7%, a 30 µg/L se redujo un 76.47%, a 50 µg/L se redujo un 72.2% y con 100 µg/L se redujo un 75.4%. Llegando a la conclusión que el biocarbón elaborado a base de paja de arroz sirve para la depuración de aguas residuales contaminadas con arsénico.

Liang et al (2023), se plantearon como objetivo eliminar de manera simultánea el cadmio y el arsénico (III) mediante el carbón activado de paja de arroz; para lo cual se sometió la biomasa a 500 °C durante 2 horas, luego emplearon como activador de carbón al permanganato de potasio (KMnO_4) al 3% en relación sólido – líquido de 1:100, y durante la absorción se mantuvo un pH de 7; obteniendo como resultados que la absorción máxima fueron de 141,1 mg/g para el As y 224,4 mg/g para el Cd, con una adsorción del 74.5% para As(V) y 63.7% para As(III). Concluyendo que el carbón de paja de arroz activado con KMnO_4 es un material altamente efectivo para la eliminación de arsénico y cadmio para las aguas contaminadas.

Khan et al (2023), tuvieron como objetivo principal utilizar métodos simples para la producción de biocarbón modificados con manganeso e investigar la eficiencia de absorción en Cd (II) y As (III); como metodología emplearon 6 g de polvo de paja con MgSO_4 y MnSO_4 disueltos en 250 ml de agua ionizada neutralizado con NaOH para ajustar el pH en un rango de 8 a 9, la mezcla se agito durante 2h a 70 °C, luego se calentó a baño maría a 75 °C, finalmente el polvo obtenido fue sometido a pirolisis en un horno de mufla; mediante el proceso experimental se obtuvo como resultado la confirmación de sorción mixta del carbón activado, manganeso y

magnesio con una capacidad de sorción de 164 mg/g para As(III) representando el 87% y 316 mg/g para Cd(II) representando el 100% de eficiencia. Concluyendo que el uso conjunto del Mg y Mn tiene un alto potencial para ser empleado en el tratamiento de aguas residuales.

Cai et al (2023), realizaron la eliminación de cromo (VI) y arsénico (V) de un sistema acuático empleando óxido de hierro asistido por biocarbón, para lo cual se preparó biocarbón con *Typha orientalis* (hierba acuática), la biomasa se calentó a 70 °C y luego fue tamizado para luego pasar por pirolisis a 600 °C durante 2h, el polvo generado fue diluido en 100 g/L de solución de FeCl₃ y luego secado a 70°C; luego de la fase experimental se obtuvieron como resultados que la capacidad de absorción para el Cr(VI) y As(V) fueron 32.82 y 21.56 mg/g respectivamente, además, luego de la tercera reutilización del material la eficiencia aún se mantenía por encima del 60% de su capacidad de absorción máxima. Por lo cual se confirmó la efectividad del carbón activado de *Typha orientalis* asistido por FeCl₃ para la depuración de aguas residuales contaminadas por Cr (VI) y As (V).

Kushwaha, Singh y Mohan (2023), compararon la sorción del arsénico por biocarbón de cáscara de maní y biocarbón de cáscara de maní modificado, para lo cual la biomasa fue sometido a pirólisis a una velocidad de 10 °C/min durante 2 min a temperatura máxima de 700 °C, mientras que el carbón modificado se obtuvo mezclando 5 g de biomasa con 10 ml de KMnO₄ al 0.5% luego fue agitado por 4h y secado por 80 °C y luego fue mezclado con 15 g de KOH calentado a 300 °C durante 1h el material absorbente fue lavado hasta llegar a un pH 7 y finalmente secado a 80 °C. Luego de la aplicación de los experimentos se obtuvo como resultado que, la absorción del carbón activado modificado fue mayor con un 86% para el As (III) y 91.26% para el As (V). Se llegó a la conclusión que el carbón activado de cáscara de maní modificado es un biocarbón de bajo costo eficiente para la eliminación de arsénico del agua.

Herve et al (2023), caracterizaron el carbón a base de kapok (*Ceiba pentandra*) para la absorción de arsénico de una solución acuosa; para lo cual, se sumergió las fibras de ceiba en una solución de Al(NO₃)₃ y luego sometido a pirólisis a 500 °C durante 1h, el producto se lavó y secó a 80 °C por 24h; se obtuvo como resultado la capacidad de absorción de 483 µg/g, aunque la presencia de iones coexistentes

de sulfato y fosfato redujeron la absorción del As (V) al 65% y 39% para finalmente estabilizar la capacidad de absorción al 53% de 100 µg/L de As(V). Llegando a la conclusión que el carbón de kapok activado con $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ puede usarse como filtro para la depuración de aguas con alta concentración de As (V).

Yang et al (2022), aplicaron el biocarbón de alfalfa con doble capa de Mg-Fe como filtrante de aguas pluviales con metales pesados, para lo cual, emplearon el material de alfalfa pirolizada a 500 °C durante 2h, luego el producto fue mezclado con MgCl_2 y FeCl_3 en proporción 3:1 (Mg: Fe) con agua desionizada agitados a 400 rpm y 60 °C con un pH de 10, finalmente la mezcla fue secada a 60 °C durante 24h; el material elaborado obtuvo una eficiencia de eliminación de 98.98% de Pb(II), 98.11% de Cu(II), 97.88% de Zn(II), 97.71% de Cd(II), 98.81% de As(V) y 50.89% de Cr(VI). Llegando a la conclusión que, el biocarbón de alfalfa en sistema de doble capa como filtrante de aguas pluviales es altamente eficiente para la depuración de metales pesados.

Hashimi et al (2022), realizaron la absorción del arsénico del agua empleando biocarbón de residuos de alimentos modificado con aluminio; para lo cual, recolectaron residuos de alimentos de los domicilios y posteriormente llevado a una planta de tratamiento donde se exprimieron los residuos con una prensa tornillo y secado a 150 °C en una caldera de vapor, las impurezas se retiraron con imán, luego se agregaron 300 g de la masa a 300 ml a una solución de 0,25 M, 0,5 M y 0,75 M de AlCl_3 en agua desionizada para dar el valor del 2, 4 y 6% del peso de Al en la mezcla que fue llevado a pirólisis con una temperatura máxima de 600 °C durante 3.5h, la aplicación de este material obtuvo una capacidad de absorción de 52.2 mg/g, y el porcentaje de adsorción de arsénico fue de 92.5% para una concentración inicial de 100 mg/L de arsénico y del 88.1% para 300 mg/L. Concluyendo que el biocarbón de residuos de alimentos modificados con aluminio es una opción de bajo costo para la absorción de As(III) en soluciones acuosas, además se observó que la capacidad de adsorción del As(III) aumenta con el incremento de la temperatura de la pirólisis aplicado desde los 300 a 600°C y el contenido de aluminio desde el 2% al 6% en peso

Cuong et al (2022), emplearon un filtro de biocarbón activado integrado a un sistema de deionización para la eliminación de altas concentraciones arsénico en

aguas subterráneas, empleando como método el uso de 4 g carbón comercial añadido con 0.04 mol de acetato de manganeso (II) tetrahidrato disueltos en 100 ml de agua desionizada removidos por 30 min luego se añadió 0.3 M de permanganato de potasio agitado magnéticamente por 30 min a 80 °C y finalmente pasado varias veces por papel filtro de 0,45 µm y secado a 80 °C durante 36h, el material obtenido obtuvo una capacidad de absorción de 40,76 mg/g de As(III) y 48,15 mg/g de As(V), cuando se aplicaron 1.2V la eficiencia se mantuvo al 94%, logrando reducir la presencia de arsénico a 0.001 mg/L. Concluyendo que el biocarbón activado posee una alta capacidad de absorción del As (III) y As (V).

Huang et al (2023) se propusieron oxidar y adsorber el arsenito con biocarbón modificado con Mn; por lo que, elaboraron su biocarbón con pirólisis a temperatura de 600 °C y se añadió Mn dos proporciones de 1:10 y 3:10 (MnO₂: Biocarbón) con un pH controlado de 7; obteniendo como resultado que la absorción máxima del As (III) fue de 32.06 mg/g con el biocarbón modificado con Mn en concentración de 1:10, y también se observó una notable diferencia entre el carbón activado sin activar y el carbón activado con Mn en proporción de 1:10, el primero tiene una absorción del 3% y el segundo alcanzó una absorción del 99.09% de As (V). Concluyendo que el biocarbón modificado con Mn es superior que el biocarbón sin modificar para la absorción del arsénico.

Kim et al (2023) los autores tuvieron como objetivo mitigar la presencia de arsénico empleando biochar de arroz con peróxido de calcio; empleando como metodología para la obtención del biocarbón el pirólisis a 500 °C con una velocidad de calentamiento de 5g/min durante 4h, posteriormente fue mezclado con 45 g el peróxido de calcio agitando durante 2h con un pH de 10 añadiendo 30 ml de H₂O₂ y 50 ml de agua desionizada; obteniendo como resultado que la movilidad de As se redujo a un 58.9%, además se mejoraron los parámetros de oxígeno disuelto en 6 mg/L, la concentración de calcio 296.3 mg/L. Llegando a la conclusión que la preparación de biocarbón a base de paja de arroz con peróxido de calcio es una solución prometedora para reducir la contaminación del ambiente por arsénico.

Chen et al (2023), se plantearon como objetivo absorber simultáneamente el As (III) y el Pb (II) por medio de un compuesto de biocarbón activado con azufre y hierro; para lo cual emplearon paja de arroz para la elaboración del biocarbón calentado a

105 °C durante 12h, luego molieron el residuo hasta llegar a partículas de 0.42 mm aproximadamente, el azufre y el hierro fueron disueltos en concentración de 1 g/L y se reguló el pH a 5 con NaOH 0.01 mol/L y con HCl 0.01 mol/L, las soluciones se removieron a 160 r/min durante 24h a 25 °C; con lo cual se obtuvo como resultado que la absorción máxima del carbón activado con hierro es de 91.2 mg/g para el As(III) y 631.7 mg/g para el Pb (II). Por lo que, concluyeron que el biocarbón a base de maíz con hierro es un potencial remediador para aguas contaminadas con arsénico y plomo.

Para la aplicación de un biofiltro a base de carbón activado de cáscaras de aguaymanto y manzana para la eliminación de arsénico, es necesario establecer que:

El arsénico es un metaloide que existe en distintas formas en los cuerpos de agua, principalmente en forma de As (V) arsenato y As (III) arsenito (Gonzales et al, 2023, p.26), la presencia del arsenato prevalece en ambientes oxidantes y el arsenito en condiciones reductoras, sin embargo, es posible encontrar ambos contaminantes debida a la cinética lenta de transformación además de las condiciones de pH, capacidad ionizante y contenido de material orgánico (cauich et al, 2022, p.2459). Puede llegar al agua subterránea de manera natural por meteorización de las rocas que contienen al elemento, o por origen antropogénico como la combustión del carbón, fundición de metales, pesticidas con arsénico, actividades mineras u otras fuentes industriales (Calcina et al, 2022, p.179).

Este elemento no puede ser destruido en el ambiente, únicamente puede cambiar de forma, y en su mayoría son solubles en agua, por lo que eventualmente la mayor parte de este terminará en el suelo o el agua. (Coral, et al, 2019, p.159). Además, su ingesta en bajas o altas concentraciones, de manera directa o indirecta a través de los alimentos, puede ser fatal para la salud humana (Goykovic, Ugalde y Pacheco, 2021, p.140).

El arsénico se caracteriza por ser altamente tóxico, persistentes y de rápida bioacumulación, por lo que la OMS estableció una concentración máxima de 10 µg/L (Aveiga et al, 2020, p.261). Por lo que es imprescindible aplicar mecanismos de depuración de este contaminante. Afortunadamente existen procedimientos

como la eliminación de arsénico por foto reactor (Escalera et al, 2020, p.24) o también técnicas biorremediadores como el biopolímero quitosán proveniente de hongos filamentosos (Martínez et al, 2020, p.384).

Otra forma de absorción de arsénico es por carbón activado. El cual es un material microcristalino y no grafitico, elaborado a partir de materia orgánica sometida a altas temperaturas y posteriormente a la activación por medio de gases oxidantes para aumentar la porosidad (Betancourt, Lapo y Ayala, 2022, p.141). El proceso de sometimiento a altas temperaturas es llamado pirólisis y producto que se genera se caracteriza por la superficie específica, porosidad y capacidad de retención (Velásquez et al, 2019, p.244).

Por otro lado, Carnier et al (2021, p.3) nos indican que, el biocarbón es el producto del pirólisis de las biomásas, el cual es altamente eficiente por su alta porosidad, es decir el tamaño de sus poros y el área superficial. Por lo que cual posee cualidades de alta capacidad de absorción de contaminantes orgánicos, pesticidas, hormonas, ácidos perfluorooctanoicos, metales pesados, entre otros (Wei et al, 2023, p.351). Las propiedades del biocarbón depende del tamaño de los poros, es decir, si es microporo o nano poros, además que dependiendo de la materia prima empleada su capacidad de absorción también varía (Xiao et al, 2023, p.17).

El carbón activado puede ser empleado en biofiltros, este sistema está formado por distintos estratos filtrantes de materiales orgánicos e inorgánicos como pueden ser el cuarzo, arena, aserrín, corcho natural y carbón vegetal (Liu et al, 2023, p.2). Dependiendo del tamaño de los poros del biocarbón utilizado en el proceso de filtración, se podrá distinguir entre microfiltros y nanofiltros (Silva, 2019, p.43). Además, se ha comprobado que este sistema retiene los contaminantes como metales pesados o material orgánico (zambrano, 2019, p.5). Por otro lado, los biofiltros presentan ventajas adicionales, como la eficiencia en la ocupación de espacio y los bajos costos asociados a su implementación (Chiquito, 2019, p.3).

Para la elaboración del biocarbón se puede emplear una gran variedad de biomásas, en la investigación se están considerando la cáscara de aguaymanto y la cáscara de manzana.

El aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) es un fruto que crece principalmente en la región andina central de Ayacucho y Cuzco (Obregón, 2019, p. 693); aunque también se cultiva en otras regiones como La Libertad, Huancayo, Ancash, Cajamarca, debido a las condiciones climáticas, donde su crecimiento óptimo es entre los 13 y 16 °C y tiene un rendimiento mínimo entre 1,9 y 6,3°C (García et al, 2022, p.170).

Además, el aguaymanto es una baya carnosa y jugosa de color amarillo – naranja que tiene forma globosa con un diámetro de 1.25 a 2.5 cm, con un peso aproximado de 4 a 10 g, además contiene alrededor de 350 semillas (Fischer y Melgarejo, 2020, p.78). Este fruto crece en forma de arbusto entre 0.6 y 0.9 m, aunque en algunos casos hasta 1.8 m de altura, se considera que la especie tiene un crecimiento indeterminado llegando a ser invasiva al desplazar a otras especies (Nocetti, 2022, p.2).

Por otro lado, la manzana (*Malus domestica*) pertenece a la familia Rosaceae; este fruto es carnoso y varía en color, tamaño y sabor según la variedad (Corona, Hernández y Meza, 2019, p.166). Aunque, por lo general, al inicio de su crecimiento el fruto es verde y tiene un sabor intenso agrio y ya en la etapa madura el color se torna rojo incrementando el contenido de azúcar y el desarrollo de su sabor (Alhassan, Çoklar y Akbulut, 2023, p.2).

Debido al alto consumo de esta fruta, en el mundo se producen aproximadamente 71 693 millones de toneladas (Corona, Hernández y Meza, 2019, p.166). aunque, la parte consumible por lo general es la pulpa, algunos estudios demuestran que la cáscara contiene una alta concentración de polifenoles y triterpenos, es decir que poseen gran cantidad de antioxidantes además que tienen cualidades antivirales y antitumorales (Odun, Chetty y Reddy, 2022, p.2).

Por lo que se está hablando de dos frutos que tienen una alta demanda en el mercado, lo que vuelve factible su utilización para la elaboración del biocarbón.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de la investigación

3.1.1. Tipo de investigación: El tipo de investigación es aplicada, Álvarez (2018) establece que la investigación aplicada se centra en dar solución a un problema práctico (p.3); además, Nieto (2018) indica que la investigación aplicada no busca reconocer veracidad o falsedad si no a la eficiencia, deficiencia, eficaz o ineficaz (p.3).

Esta investigación es aplicada, ya que se están empleando residuos de material orgánico para dar tratamiento a un agua contaminada por arsénico.

3.1.2. Diseño de la investigación: La investigación sigue un diseño experimental pura, Guevara, Verdesoto y Castro (2020) indican que esta investigación consiste en manipular un objeto o grupo de estudios para observar los efectos o reacción que se generan (p.164). Es decir, se manipula la variable independiente para observar la respuesta de la variable dependiente.

3.2. Variables y operacionalización

3.2.1. Variable independiente: Biofiltro con carbón activado

Se entiende por biofiltro a cualquier dispositivo de filtrado que involucra organismos o compuestos de origen biológico, estos trabajan en biorreactores de lecho empacado que contienen materiales porosos naturales y sintéticos (Rahman et al, 2021, p.2).

Se define al carbón activado al producto sólido del pirólisis este posee alta porosidad y tiene una estructura molecular desordenada compuesta por anillos aromáticos (Ribeiro et al, 2023, p.2)., la química superficial dependerá de la materia prima utilizada (Quinn et al, 2023, p.219)

Por lo que, para fines operacionales el biofiltro se entiende como un reactor que contiene material de carbón activado de la biomateria de cáscara de manzana y aguaymanto.

3.2.2. Variable dependiente: Aguas contaminadas con arsénico

Las aguas contaminadas por arsénico se deben principalmente a causas naturales por la disolución de rocas y cenizas de origen volcánico y por actividades antropogénicas relacionadas con la minería, electrónica, agricultura y la eliminación de residuos municipales e industriales (Sadat et al, 2023, p.353). Este contaminante es un metaloide tóxico que existe en los medios naturales en presencia de iones aniónicos y catiónicos (Zhou et al, 2023, p.1). El arsénico se muestra principalmente como As (III) y A (V) según las condiciones oxidantes o reductoras y el pH (Lan et al, 2023, p.2).

La ingesta de tomar agua contaminada de arsénico, ya sea en bajas o altas concentraciones, puede ser altamente perjudicial para la salud humana (Goykovic, Ugalde y Pacheco, 2021, p.140). Por lo que la OMS estableció que el valor máximo permitido en aguas debe ser de 10 µg/L (2022).

Por lo que operacionalmente se considera que el agua contaminada con arsénico es el cuerpo hídrico que tiene presencia de As (III) y As (V) ya sea en bajas o altas concentraciones.

3.3. Población, muestra y muestreo

3.3.1. Población: Robles (2019) indica que la población de estudio es el conjunto de unidades como personas, objetos o eventos que se deseen estudiar (p.245). Por lo que en esta investigación se toma como población al Río Grande - Huamachuco.

Debido al gran volumen de agua del Río Grande, se consideraron los siguientes criterios:

- Criterios de inclusión: puntos de efluentes de las concesiones mineras.

- Criterios de exclusión: puntos alejados a la zona de descarga de efluentes de las concesiones mineras.

3.3.2. Muestra: Pereyra y Vaira (2021) consideran que la muestra es una parte de la población a la cual se observará y estimarán los parámetros requeridos (p.24).

Por lo que se consideró como muestra de estudio 12 L tomados del punto de descarga de efluentes cercanas a las concesiones mineras en Río Grande - Huamachuco.

3.3.3. Muestreo: El muestreo es no probabilístico, al tratarse de una porción de agua tomada del Río Grande - Huamachuco, esta porción no representa la totalidad de las condiciones del río.

Para el muestreo se siguieron las recomendaciones dispuestas en el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales del ANA (2016), donde nos indican que la muestra debe ser tomada un punto ubicado a 50 metros del vertimiento aguas arriba y 200 metros aguas debajo del vertimiento.

Además, el protocolo indica que el personal debe contar con botas de jebe y guantes descartables en el momento de la toma de la muestra, ubicándose en el área donde la corriente sea homogénea y poco turbulenta, el balde utilizado debe ser enjuagado previamente 2 veces, además al abrir el frasco se debe tener cuidado en que la persona no tenga contacto con la superficie interna del recipiente, si se utiliza una botella esta debe ser introducida entre 20 a 30 cm de profundidad en dirección opuesta a la corriente.

3.3.4. Unidad de análisis: Picón y Melian (2014) se puede definir como la estructura categórica del cual se pueden encontrar respuestas de la pregunta formulada (p.103). Por lo que en la presente investigación se consideró 1 L de agua contaminada con arsénico; ya que esta fue la cantidad empleada para cada reactor.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica empleada fue la observación; mientras que el instrumento fue la guía de observación. González, Vázquez y Ramos Indican que la observación como técnica de estudio recolecta la información empleando los sentidos bajo criterios que permitan responder los acontecimientos del fenómeno (p.73).

Por lo que en esta investigación se utilizó la observación para analizar los cambios que tenía el agua tratada mediante el biofiltro de carbón activado.

Por otro lado, el instrumento utilizado fue la guía de observación. Borjas (2020) explica que la validez asegura que el instrumento va a medir lo que se ha propuesto medir; mientras que la confiabilidad tiene que ver con la exactitud y precisión del instrumento empleado (p.80).

Por lo que, para garantizar la validez, se emplearon 2 instrumentos para medir cada variable, estos instrumentos fueron revisados por 3 expertos en la materia quienes dieron su conformidad.

Mientras que, la confiabilidad se garantiza al realizar 3 repeticiones para cada aplicación del tratamiento por biofiltros con carbón activado.

Además, se utilizaron instrumentos propios para la medición de parámetros, ya sean de laboratorio o campo, los cuales se verificaron su calibración antes de su uso.

Tabla N°1. Instrumentos para la medición de parámetros

INSTRUMENTO	MARCA	DEFINICIÓN	ETAPA
Porosímetro de mercurio	PoreMaster-60 GT	Es un instrumento que se utiliza bajo presión de tal manera que el mercurio ingresa entre los poros (Rubio et al, 2020, p.741).	Elaboración del biocarbón
Analizador C: N	Analizador Elemental Flash 2000	Este quipo permite determinar la composición de elementos como el C, N, H, S y O en una muestra sólida (Suarez, 2022, p.19).	Elaboración del biocarbón
Termómetro	Termómetro Digital con punta flexible	El termómetro se puede emplear para medir la temperatura de un cuerpo de agua (Quintanilla, 2021, p.40)	Medición de las muestras de aguas
pH-metro	pH- metro digital VANGEL	El pH-metro o potenciómetro permite la medición de la acides o alcalinidad de un cuerpo (Intriago y Quiroz, 2021, p.1181)	Medición de las muestras de aguas

Conductímetro	Seven2GoS3	Mide la corriente eléctrica o la conductividad de una solución (Figuroa, 2022, p.10).	Medición de las muestras de aguas
Reloj y cronómetro	Genérico	Mide el intervalo de tiempo ya sea mediante el reloj o el cronómetro (Mayorga et al, 2021, p.1162).	Medición del tratamiento de agua
Espectrofotómetro	HINOTEK 721G	Es un dispositivo empleado para la cuantificación química o biológica, para lo cual mide la cantidad de luz absorbida por el compuesto de una solución (Ávila et al, 2021, p.20).	Medición del tratamiento de agua

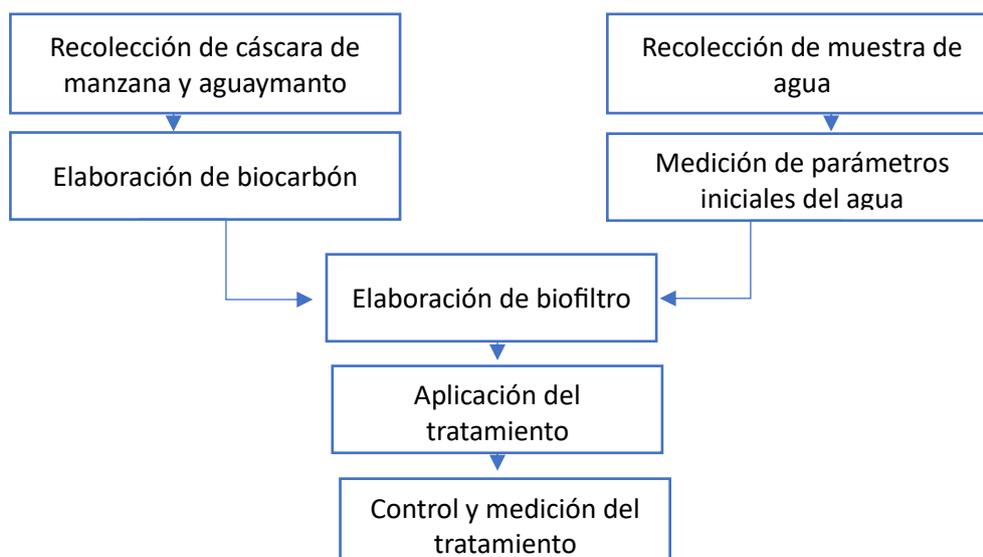
Fuente: Elaboración propia

3.5. Procedimientos

Para realizar el protocolo adecuado para el desarrollo de la fase experimental se siguió el siguiente procedimiento para la recolección de muestra, elaboración de biochar, elaboración del biofiltro y las mediciones de parámetros correspondientes a cada etapa.

El procedimiento seguido es una adaptación práctica de Albishri y Yakout (2023) y Park et al (2022); por lo que, la parte experimental se desarrolló de la siguiente manera:

Cuadro 1. Procedimiento para el desarrollo de la fase experimental



Fuente: elaboración propia

- Elaboración del biocarbón

Para llevar a cabo la parte experimental primero se realizó la elaboración del biocarbón por medio de pirólisis; se elaboraron 3 productos y un blanco; el 1ero con cáscara de aguaymanto (BC-A), el 2do con cáscara de manzana (BC-M), el 3ro con cáscara de aguaymanto y manzana simultáneamente (BC-AM) y el blanco no contiene carbón activado (B); por cada tratamiento se realizaron 3 repeticiones.

Para el biocarbón a base de aguaymanto se siguió el procedimiento de Albishri y Yakout (2023), por lo que se lavó el residuo repetidamente, luego se sometió a pirólisis a 500 °C durante 4h con una velocidad de 10 °C/min; el sólido resultante se molió y se lavó con agua destilada hasta llevar a un pH neutro, posteriormente se dejó secar a 100 °C durante 1 día y fue almacenado en botella de vidrio.

Mientras que, para la elaboración del biocarbón a base de cáscara de manzana se empleó la metodología de Park et al (2022); por lo que la biomasa se sometió a pirólisis a 400 °C durante 4h a una velocidad de 10 °C/min, el resultado se trituró y pasó por un tamizador de 0.5 mm, luego el biocarbón fue lavado con agua destilada varias veces hasta

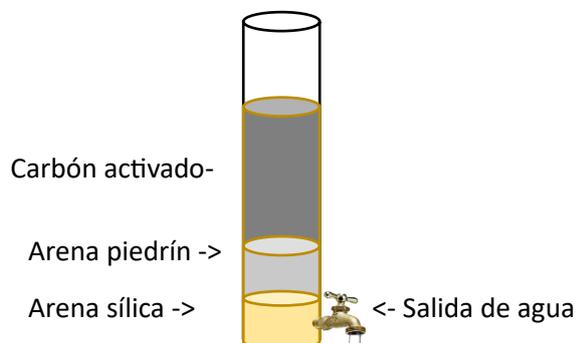
regular el pH, posteriormente las muestras se secaron a 100 °C y almacenadas en botellas de vidrio.

Para la activación del carbón se empleó un vaso de precipitado con 5 g de carbón, 10 ml de agua destilada y 10 ml de etanol, a esta mezcla se añadieron 5 ml de KMnO_4 (permanganato de potasio) gota a gota, se empleó un agitador durante 6h, posteriormente se ajustó el pH a 9 empleando Hidróxido de sodio y ácido clorhídrico, la mezcla se agitó durante 24h y finalmente el residuo se lavó con etanol y se dejó secar por 48h a temperatura ambiente.

- Elaboración de biofiltro

Para la elaboración del biofiltro se modificó el procedimiento Zendejas et al (2020). Se elaboraron filtros con material de acrílico transparente de 2" (5.1 cm) de diámetro por 15" de largo (38 cm); el filtro fue rellenado por una capa de 2" de piedrín, 2" de arena sílica y una capa de 5.5" de carbón activado.

Figura 1: Diseño de biofiltros



Fuente: elaboración propia

- Recolección de muestra de agua

Para la recolección de la muestra de agua se aplicó la técnica de muestreo establecida por el ANA en su Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales del ANA (2016), tal como se describe en el punto 3.3.3. muestreo.

- Análisis de parámetros

Para realizar las mediciones de los parámetros obtenidos durante el proceso de tratamiento del biofiltro con carbón activado para la depuración del arsénico se realizaron las pruebas que se indican en la siguiente tabla:

Tabla N°2. Medición de parámetros del tratamiento

PARÁMETRO	MÉTODO	INSTRUMENTO	LUGAR
Porosidad del biocarbón	Porosimetría	Porosímetro de mercurio	Laboratorio particular
Relación C: N del biocarbón	Conteo de C: N	Analizador C: N	Laboratorio particular
Temperatura ambiente	Revisión de documentos	Termómetro	Datos de Senamhi
Humedad ambiente	Revisión de documentos	Higrómetro	Datos de Senamhi
pH	Observación	pH-metro	Laboratorio de Biotecnología UCV – Lima Este
Temperatura de la muestra	Observación	Termómetro	Laboratorio de Biotecnología UCV – Lima Este
Conductividad eléctrica	Observación	Conductímetro	Laboratorio de Biotecnología UCV – Lima Este
Tiempo	Cálculo de tiempo	Reloj y cronómetro	Laboratorio de Biotecnología UCV – Lima Este
Arsénico	Espectrofotometría	Espectrofotómetro	Laboratorio particular

Fuente: elaboración propia

3.6. Método de análisis de datos

Los datos serán procesados en el software IBM SPSS statistics 23; en donde se determinarán los datos descriptivos de cada indicador que se está evaluando. Luego se realizará la prueba de estadísticas inferenciales iniciando por la prueba de normalidad para conocer si se

trata de datos paramétricos o no paramétricos; se realizaron pruebas para conocer las diferencias significativas entre las medias y si existe correlación entre las dimensiones.

3.7. Aspectos éticos

Durante la investigación es esencial mantener una conducta ética en cada una de las etapas de la investigación (Inguillay, Tercero y López, 2020, p.42); por lo cual, se establecieron 4 principios éticos:

El principio de beneficencia busca actuar en beneficio de los demás, además de maximizar el bienestar y mejoramiento de los involucrados (Hirsch y Navia, 2018, p.5). Por lo que, mediante esta investigación se cumple con el principio al promover la investigación en métodos factibles y rentables que pueden ser utilizados en la mejora de la calidad del recurso hídrico de la zona de estudio, favoreciendo de esta manera a la población, al ambiente y promoviendo la investigación.

El principio de no maleficencia restringe el perjuicio a terceros, obrando en buena fe para prevenir los daños e investigando apropiadamente, por lo que se debe estar capacitados en la aplicación de las investigaciones (Zerón, 2019, p.306). De tal manera que, mediante esta investigación se contó con la asesoría constante del asesor asignado por la universidad Cesar Vallejo, el Dr. Sernaque Auccahuasi, Fernando Antonio; además, para el desarrollo de la investigación se siguieron todos los protocolos establecidos por la universidad, como también de los laboratorios utilizados.

El principio de autonomía establece la ética en el respeto por la decisión propia de los participantes en la investigación que puedan verse afectados, por lo que se requiere del consentimiento de los involucrados (Prats, Salazar y Molina, 2016, p.130). Por lo que, en la presente investigación se contó con el consentimiento expreso y documentado de las personas que ayudaron en el desarrollo de la investigación; es decir, de los tres expertos en la materia encargados de la revisión y validación del instrumento.

El principio de justicia se establece en la generación de igualdad de oportunidades, así como en el respeto al ser humano mediante un trato humanitario distribuyendo los beneficios, riesgos y costos de manera justa (Hardy y Rovelo, 2017, p.82). Motivo por el cual, el lugar de estudio está localizado en un sector aledaño a una población vulnerable, los cuales por diversos usos requieren del recurso hídrico de las cuencas; de esta manera se puede contribuir en la mejora de la calidad de vida de las personas.

IV. RESULTADOS

Las pruebas experimentales dieron resultados concretos en la eficiencia del tratamiento del biofiltro mediante el carbón activado para la depuración del arsénico.

Primero se determinaron los parámetros generales del biocarbón, tanto el procedente de la manzana como el de aguaymanto.

Tabla 3: Características del biocarbón elaborado

Parámetro	Biocarbón de cáscara de manzana	Biocarbón de cáscara de aguaymanto
Cantidad de biomaterial empleado	10.20Kg	6.52Kg
Cantidad de biomaterial producido	1.832Kg	1.073Kg
Rendimiento	17.96%	16.46%
Temperatura máxima de pirólisis	400°C	500°C
Porosidad	54.40	46.40
Gravedad Específica T20 °C	0.88	0.91

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 5 se observa que, el biocarbón elaborado a partir de la cáscara de manzana posee un rendimiento del 17.96%, es decir que se emplearon 10.20 Kg de cáscara de manzana, las cuales ocupaban un volumen aproximado de 25 L, de los cuales únicamente se produjeron 1.832 kg; mientras que, las cáscaras de aguaymanto tuvieron un rendimiento de 16.46% los cuales se obtuvieron a partir de 6.52 kg que produjeron un total de 1.073 kg; en ambos casos se aplicó pirólisis a 400 y 500 °C.

Por otro lado, se obtuvieron los parámetros iniciales de la presencia de arsénico

Tabla N°4: Características físicas y químicas en muestras de aguas del Río Grande – Huamachuco, 2023.

Parámetro	Unidad	Medición	ECA's
pH	pH	6.4	6.0 a 9.0
Temperatura	°C	24	-
Conductividad eléctrica	µS/cm	198.66	-
Turbiedad	NTU	115	100
Arsénico	µg/L	22.51	10

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 6 se recopilaron los datos físicos y químicos de la muestra de agua, en el cual se observaron y compararon con los ECA's establecidos en la subcategoría B: aguas superficiales destinadas para recreación de contacto primario (D.S. N°004-2017, MINAM); lo cual indica que el pH se encuentra en el rango permitido; sin embargo, el valor del arsénico se encuentra por encima del ECA establecido, siendo el valor de la muestra extraída 22.51 µg/L, mientras que el ECA acepta un valor máximo de 10.00 µg/L, esta evidencia resalta la importancia de realizar el tratamiento propuesto.

Además, durante el cálculo de la concentración de arsénico en la muestra de agua, se evaluaron la presencia de algunos metales; los cuales se favorecen por los resultados del laboratorio; además se realizó una comparativa entre la concentración de la muestra y los estándares de calidad ambiental (ECA).

Tabla N°5: Concentración de metales presentes en la muestra de agua del Río Grande – Huamachuco, 2023

Metal pesado	Unidad	Concentración	ECA's
Aluminio (Al)	µg/L	535.95	200
Antimonio (Sb)	µg/L	1.31	6
Bario (Ba)	µg/L	38.40	700
Berilio (Be)	µg/L	0.00	40
Boro (B)	µg/L	0.00	500

Cadmio (Cd)	µg/L	0.17	10
Calcio (Ca)	µg/L	32,106.74	-
Cobalto (Co)	µg/L	1.44	-
Cobre (Cu)	µg/L	25.83	2000
Cromo (Cr)	µg/L	0.75	50
Estroncio (Sr)	µg/L	119.24	-
Hierro (Fe)	µg/L	3,314.19	-
Magnesio (Mg)	µg/L	4,672.18	-
Manganeso (Mn)	µg/L	675.52	100
Mercurio (Hg)	µg/L	0.66	1
Molibdeno (Mo)	µg/L	0.26	
Niquel (Ni)	µg/L	1.42	20
Plata (Ag)	µg/L	0.30	10
Plomo (Pb)	µg/L	1.72	10
Potasio (K)	µg/L	5,121.92	-
Selenio (Se)	µg/L	0.42	10
Sodio (Na)	µg/L	10,450.44	-
Talio (Tl)	µg/L	0.02	-
Vanadio (V)	µg/L	8.09	-
Zinc (Zn)	µg/L	24.55	3000

Fuente: INFORME DE ENSAYO N°10008-23/AG/ LABSAF - SEDE CENTRAL – Instituto Nacional de Innovación Agraria

En la tabla 7 realizó la comparación entre los parámetros encontrados en la muestra de agua con los ECA's establecidos en la Subcategoría B: aguas superficiales destinadas para recreación de contacto primario (D.S. N°004-2017, MINAM); donde se puede observar que los parámetros de concentración de aluminio y manganeso exceden en gran medida a los estándares de calidad del agua.

Luego de haber aplicado el tratamiento por medio de los biofiltros se analizaron las concentraciones de arsénico removidos, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla N°6: Concentración arsénico (en $\mu\text{g/L}$) en muestras de aguas por horas de tratamiento

Horas	Testigo	Manzana			Aguaymanto			Manzana y Aguaymanto		
		R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
3	22.51	3.11	2.95	3.27	1.78	1.86	1.74	1.62	1.66	1.58
6	22.51	5.12	4.87	5.37	1.68	1.63	1.61	2.44	2.51	2.48
9	22.51	2.96	3.08	3.08	1.99	2.02	1.97	3.12	3.02	3.17
12	22.51	2.81	2.73	2.88	1.14	1.12	1.18	2.77	2.8	2.67

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 8 se observan las distintas concentraciones removidas según el tipo de biofiltro y el tiempo de contacto, se puede observar que en la muestra nula en la toma de los 4 tiempos no tiene ninguna variación, por lo contrario en el biofiltro con biocarbón de manzana se logra observar que en cada tiempo se denota variaciones teniendo entre las más bajas concentraciones de 2.73 y más altas con 5.37; en el biofiltro con cascaras de aguaymanto se tuvo como concentraciones más bajas de 1.12 y alta 2.02; en el biofiltro de cascaras de manzana y aguaymanto se encontró como concentración más baja de 1.58 y alta de 3.17.

Tabla N°7: Estadísticos descriptivos

Estadísticos descriptivos						
	N	Media	Desv. estándar	Mínimo	Máximo	
T0h	9	22.5100	.00000	22.51	22.51	
T3h	9	2.1744	.71113	1.58	3.27	
T6h	9	3.0789	1.57828	1.61	5.37	
T9h	9	2.7000	.53432	1.97	3.17	
T12h	9	2.2333	.81713	1.12	2.88	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°9 se observa los estadísticos descriptivos entre ellos tenemos la media que es el valor medio del conjunto de datos teniendo en T0h = 22.5100, en

T3h = 2.1744, en T6h = 3.0789, en T9h = 2.7000 y en T12h = 2.2333; la desviación estándar en T0h = 00000, T3h = .71113, T6h = 1.57828, T9h = .53432 y en T12h = .81713 siendo ello las dispersiones que están alrededor de la media; como datos mínimos se obtuvieron T0h = 0, T3h = 1.58, T6h = 1.61, T9h = 1.97 y T12h = 1.12 resaltando que en donde se encontró menor proporción fue en el T12h; entre los datos máximos de concentraciones de arsénico en T0h = 22.51, T3h = 3.27, T6h = 5.37, T9h = 3.17 y T12h = 2.88; teniendo en cuenta que el T0h es la muestra sin ninguna alteración.

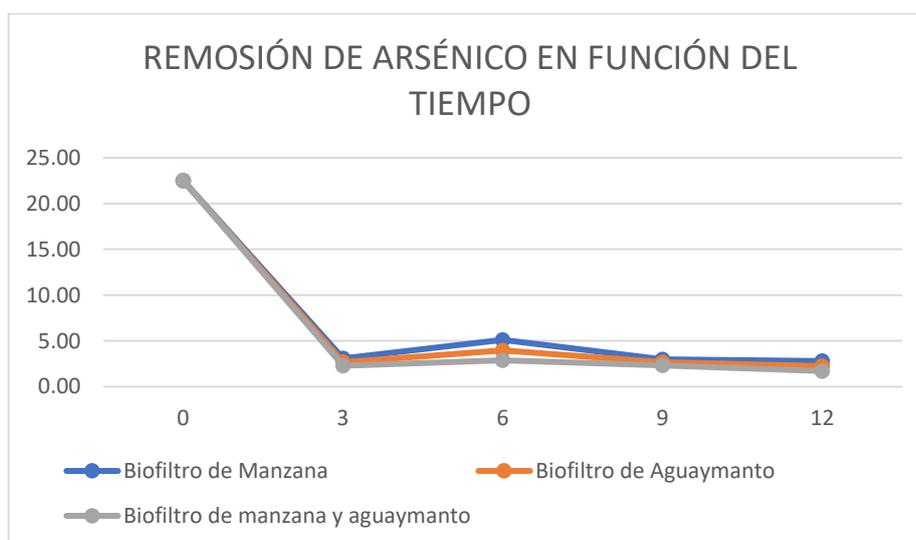
Tabla N°8: Porcentaje de remoción de arsénico por cada tipo de biocarbón

	ARSÉNICO -3h	ARSÉNICO- 6h	ARSÉNICO -9h	ARSÉNICO -12h	promedio
B. MANZANA	86%	77%	87%	88%	84%
B. AGUAYMANTO	88%	82%	88%	90%	87%
B. MANZANA Y AGUAYMANTO	90%	87%	90%	92%	90%
Promedio	88%	82%	88%	90%	87%

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 10 se observa los porcentajes de remoción del arsénico, en el biofiltro con cascaras de manzana se logra obtener un 86% en el T3h, 77% en T6h, 87% en T9h y 88% en T12h obteniendo así un promedio de 84% de absorción de arsénico; en el biofiltro de cascaras de aguaymanto se logra obtener un 88% en T3h, 82% en T6h, 88% en T9h y 90% en T12h dando así un promedio de 87% de absorción de arsénico; y en el biofiltro de cascaras de manzana y aguaymanto se obtuvo un porcentaje de 90% en T3h, 87% en T6h, 90% en T9h y 92% en T12h teniendo un promedio así de 90% de absorción de arsénico.

Gráfico N°1: Remoción de arsénico en función del tiempo



Fuente: Elaboración propia

En el grafico N° 1 se observa la remoción del arsénico en un 88% solo en el primer tiempo (T3h), en el T6h obtiene un 82% de remoción de arsénico, T9h se obtiene un 88% de remoción de arsénico y en el T12h se logra un 90% de remoción del arsénico.

Tabla N°9: Concentraciones de metales pesados por tipo de biofiltros

BIOFILTRO	Tiempo	Vanadio	Cobalto	Cobre	Arsénico	Selenio	Estroncio	Plata
MANZANA	3h	1.24	0.09	2.78	3.11	0.73	78.31	0.04
	6h	1.67	0.21	2.98	5.12	7.47	14.45	0.06
	9h	1.83	0.11	2.78	3.00	1.56	4.61	0.04
	12h	0.76	0.17	2.44	2.81	6.68	59.93	0.05
AGUAYMANTO	3h	16.31	0.30	2.21	1.79	9.11	106.89	3.06
	6h	0.36	0.03	10.01	1.64	16.64	33.69	0.07
	9h	0.59	0.08	3.64	1.99	0.12	23.30	0.11
	12h	0.44	0.02	4.48	1.15	8.44	36.42	0.05
MANZANA Y AGUAYMANTO	3h	0.51	0.00	2.68	1.62	1.22	60.91	0.08
	6h	0.61	0.03	2.96	2.48	5.87	56.22	0.12
	9h	0.37	0.18	0.96	3.10	1.41	9.64	0.01
	12h	1.28	0.02	3.77	2.75	1.20	58.61	0.07

BIOFILTRO	Tiempo	Cadmio	Talio	Plomo	Calcio	Aluminio	Cromo
MANZANA	3h	0.08	0.03	0.33	8468.52	3.95	0.51
	6h	0.05	0.00	0.11	1259.47	21.12	0.63
	9h	0.03	0.00	0.03	286.58	29.64	0.58
	12h	0.06	0.02	0.37	6587.08	8.26	0.21

AGUAYMANTO	3h	0.06	1.36	0.31	11629.40	0.94	1.28
	6h	0.06	0.01	0.20	4378.26	0.29	1.58
	9h	0.04	0.00	0.34	2551.95	1.34	0.60
	12h	0.01	0.00	0.46	4054.74	0.10	1.15
MANZANA Y AGUAYMANTO	3h	0.08	0.00	0.36	6552.11	0.05	0.77
	6h	0.06	0.00	0.38	6059.85	3.33	0.94
	9h	0.06	0.00	0.52	940.00	4.30	0.55
	12h	0.01	0.00	0.12	6201.39	32.25	1.26

BIOFILTRO	Tiempo	Manganeso	Antimonio	Zinc	Bario	Mercurio	Hierro
MANZANA	3h	4.31	1.28	5.36	1.92	0.23	51.91
	6h	0.76	1.62	3.21	0.23	0.53	73.65
	9h	2.23	1.97	0.87	0.55	0.11	71.82
	12h	2.32	1.29	1.43	1.30	0.05	47.57
AGUAYMANTO	3h	15.16	1.06	12.95	3.09	0.83	149.99
	6h	4.94	0.29	23.93	1.71	0.11	133.63
	9h	3.83	0.61	6.61	0.32	0.14	119.88
	12h	4.22	0.49	7.16	0.43	0.31	108.50
MANZANA Y AGUAYMANTO	3h	4.90	1.06	12.40	5.90	0.13	144.58
	6h	5.63	1.23	18.58	1.42	0.21	155.74
	9h	0.19	1.32	6.41	1.15	0.05	76.29
	12h	4.79	1.51	16.87	2.27	0.05	153.88

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°10: Prueba de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
T0h	.	9	.	.	9	.
T3h	.337	9	.004	.753	9	.006
T6h	.307	9	.014	.796	9	.019
T9h	.353	9	.002	.727	9	.003
T12h	.370	9	<.001	.682	9	<.001

Fuente: Elaboración propia

a. Corrección de significación de Lilliefors

Si $P < 0.05$ se rechaza H_0 y se acepta H_1

Si $P > 0.05$ se acepta H_0 y se rechaza H_1

H_0 : Los datos tienen una distribución normal

H_1 : Los datos no tienen una distribución normal

Se elige trabajar con Shapiro-Wilk ya que se tiene una muestra menor a 50. Todos los valores son menores a 0.05; por lo que se rechaza H0 y se acepta H1; es decir, que los datos de las concentraciones de arsénico no tienen una distribución normal; por lo tanto, se aplicaron pruebas no paramétricas.

PRUEBA DE HIPÓTESIS GENERAL

Arsénico entre BIOFILTRO

Tabla N°11: Prueba de Kruskal-Wallis

Resumen de prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	
N total	37
Estadístico de prueba	23.326 ^a
Grado de libertad	3
Sig. asintótica (prueba bilateral)	<.001

Fuente: Elaboración propia

a. Las estadísticas de prueba se ajustan para empates.

Tabla N°12: Interpretación de la prueba de Kruskal-Wallis

Resumen de contrastes de hipótesis				
	Hipótesis nula	Prueba	Sig. ^{a,b}	Decisión
1	La distribución de Arsénico es la misma entre categorías de BIOFILTRO.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	<.001	Rechace la hipótesis nula.

Fuente: Elaboración propia

a. El nivel de significación es de .050.
b. Se muestra la significancia asintótica.

Si $P < 0.05$ se rechaza H0 y se acepta H1

Si $P > 0.05$ se acepta H0 y se rechaza H1

H0: No hay diferencia en las medianas entre los grupos.

H1: Al menos dos de los grupos tienen medianas diferentes.

El p valor es menor que 0.05, por lo que se rechaza H0 y acepta H1; es decir, que al menos dos de los grupos entre la categoría biofiltro tienen medianas diferentes en función de la eficiencia del tratamiento para la remoción de arsénico en aguas contaminadas del Rio Grande - Huamachuco, 2023.

Realizando una comparación entre las medias de los 3 biofiltros, el que obtuvo una mayor eficiencia es el conformado por biocarbón de cáscara de manzana y aguaymanto, obteniendo un el porcentaje de remoción alto con un 90%.

Tabla N°13: PRUEBA DE HIPÓTESIS ESPECÍFICA 1

Rangos

	BIOFILTRO	N	Rango promedio	Suma de rangos
POROSIDAD	MANZANA	12	18.50	222.00
	AGUAYMANTO	12	6.50	78.00
	Total	24		
PIROLISIS	MANZANA	12	6.50	78.00
	AGUAYMANTO	12	18.50	222.00
	Total	24		

Fuente: Elaboración propia

Estadísticos de prueba^a

	POROSIDAD	PIROLISIS
U de Mann-Whitney	.000	.000
W de Wilcoxon	78.000	78.000
Z	-4.796	-4.796
Sig. asin. (bilateral)	<.001	<.001
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	<.001 ^b	<.001 ^b

Fuente: Elaboración propia

a. Variable de agrupación: BIOFILTRO

b. No corregido para empates.

Si $P < 0.05$ se rechaza H0 y se acepta H1

Si $P > 0.05$ se acepta H0 y se rechaza H1

H0: No hay diferencia en las medianas entre los grupos.

H1: Al menos dos de los grupos tienen medias diferentes.

El p valor es menor que 0.05, por lo que se rechaza H0 y acepta H1; es decir, que al menos dos de los grupos entre la categoría biofiltro tienen medias diferentes en función de las propiedades físicas y químicas en porosidad y pirólisis respectivamente, para la remoción de arsénico en aguas contaminadas del Rio Grande - Huamachuco, 2023.

Entre los dos materiales empleados el aguaymanto fue el que presentó mejores resultados, cuya elaboración se realizó a un pirólisis de 500 grados obteniendo una porosidad del 46.56%

Tabla N°14: PRUEBA DE HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2

Estadísticos de prueba^a				
	T3h - T0h	T6h - T0h	T9h - T0h	T12h - T0h
Z	-2.666 ^b	-2.666 ^b	-2.666 ^b	-2.666 ^b
Sig. asin. (bilateral)	.008	.008	.008	.008

Fuente: Elaboración propia

- a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon
- b. Se basa en rangos positivos.

Si $P < 0.05$ se rechaza H0 y se acepta H1

Si $P > 0.05$ se acepta H0 y se rechaza H1

H0: Hay homogeneidad entre las medias

H1: Hay diferencia entre las medias

Todos los valores son menores a 0.05; por lo que se rechaza H0 y se acepta H1; es decir, que hay diferencia significativa entre las medias; por lo que la concentración de arsénico ha disminuido en todos los biofiltros con los distintos tiempos de contacto.

Tabla N°15: Prueba de Friedman para determinar diferencias significativas

Rangos

Rango
promedio

T3h	2.22
T6h	2.67
T9h	3.44
T12h	1.67

Fuente: Elaboración propia

Estadísticos de prueba^a

N	9
Chi-cuadrado	9.133
gl	3
Sig. asin.	.028

Fuente: Elaboración propia

a. Prueba de Friedman

Si $P < 0.05$ se rechaza H_0 y se acepta H_1

Si $P > 0.05$ se acepta H_0 y se rechaza H_1

Hipótesis Nula (H_0): No hay diferencia en los efectos de los tratamientos.

Hipótesis Alternativa (H_1): Al menos uno de los tratamientos tiene un efecto diferente.

El valor p es menor que 0.05; por lo que se rechaza H_0 y se acepta H_1 ; es decir, que al menos uno de los tratamientos tiene efectos diferentes.

Tabla N°16: Prueba de correlación de Rho de Spearman

PRUEBA DE HIPÓTESIS ESPECÍFICA 3

			TIEMPO	Arsénico
Rho de Spearman	TIEMPO	Coeficiente de correlación	1.000	-.053
		Sig. (bilateral)	.	.757
		N	37	37
	Arsénico	Coeficiente de correlación	-.053	1.000
		Sig. (bilateral)	.757	.
		N	37	37

Fuente: Elaboración propia

Si $P < 0.05$ se rechaza H_0 y se acepta H_1

Si $P > 0.05$ se acepta H_0 y se rechaza H_1

H_0 : No hay correlación entre las variables

H_1 : Existe correlación entre las variables

El p valor es mayor que 0.05, por lo que se acepta H_0 y se rechaza H_1 ; es decir, que no existe una correlación entre las variables; esto se refuerza con el coeficiente de correlación que tiene un valor de -0.053 por lo que el nivel de correlación es muy bajo.

Esto quiere decir que, el tiempo de contacto no guarda correlación en la capacidad de remoción del arsénico en las aguas contaminadas de Rio Grande - Huamachuco, 2023.

V. DISCUSIÓN

La fabricación del biocarbón del presente estudio se centra en el aprovechamiento de residuos de manzana y aguaymanto, mientras que Mukherjee et al (2021) utilizaron paja de arroz y Liang et al. (2023) se enfocaron en paja de arroz activada con KMnO_4 . Estas diferencias en la biomasa pueden influir en la estructura y composición química del biocarbón, lo que a su vez afecta su capacidad de absorción. Por lo que la capacidad de absorción obtenida en la presente investigación se diferencia de los resultados de los investigadores Liang et al. (2023), quienes lograron una alta capacidad de absorción (141,1 mg/g para el As y 224,4 mg/g para el Cd), lo que es considerablemente superior en comparación con la capacidad de absorción observada en nuestro estudio y en el de Mukherjee et al. (2021). Esto podría deberse a la activación con KMnO_4 que mejora la porosidad y la superficie activa del biocarbón. Por otro lado, Los resultados en el porcentaje de remoción de arsénico son consistentes con el de Mukherjee et al. (2021), quienes observaron una capacidad significativa de los biocarbones para reducir la concentración de arsénico en el agua. Mukherjee et al. (2021) informaron una reducción de hasta un 75.4% en la concentración de arsénico con biocarbón de paja de arroz, similar a nuestra observación de una reducción promedio del 84% al 90% con biocarbón de manzana, aguaymanto y su combinación. Por otro lado, en ambos estudios, las condiciones operativas como el pH y el tiempo de contacto juegan un papel crucial en la eficiencia de la absorción del arsénico. Esto sugiere que la optimización de estas condiciones es fundamental para maximizar la eficacia del biocarbón.

La remoción del arsénico obtenido por el biofiltro de la presente investigación varió entre el 84 y 90% de remoción del contaminante, este resultado se distancia ligeramente en comparación de los obtenidos por Khan et al. (2023), quienes obtuvieron una capacidad de remoción del 87 y 100%. Esto tal vez se deba al proceso de fabricación del Biocarbón y principalmente al componente activador del carbón. Khan et al. (2023), utilizaron MgSO_4 (sulfato de magnesio) y MnSO_4 (sulfato de manganeso), disueltos en 250 ml de agua ionizada; mediante este procedimiento lograron una capacidad de Sorción de 164 mg/g para As (III) y 316 mg/g para Cd (II), lo que representa eficiencias de remoción del 87% y 100%,

respectivamente. Lo cual se distancia ligeramente del presente estudio, en donde se utilizó cáscaras de manzana y aguaymanto como materias primas para el biocarbón, donde se empleó KMnO_4 como activador; además, se llevó a un proceso de Pirolisis a temperaturas de pirolisis de 400 °C para la cáscara de manzana y 500 °C para la cáscara de aguaymanto; alcanzando un rendimiento de producción (material empleado, material producido) del 17.96% para la cáscara de manzana y del 16.46% para la cáscara de aguaymanto, con una porosidad de 54.40 y 46.40 respectivamente; sin embargo, se logró la reducción del arsénico entre el 84% y el 90% en diferentes tiempos de tratamiento.

Por otro lado, la materia prima para la producción de biocarbón fue la cáscara de manzana y aguaymanto, obteniendo un rendimiento del 17.96% y 16.46% respectivamente. La porosidad fue de 54.40% y 46.40%, y se logró una eficaz reducción de arsénico, con tasas que oscilaron entre el 84% y el 90% tras desde las 3 hasta las 12 horas de tratamiento. En comparación con otros estudios; Herve et al. (2023) utilizaron biocarbón a base de kapok activado con $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ alcanzando una capacidad de absorción de 483 $\mu\text{g/g}$. Aunque su eficacia se redujo en presencia de iones coexistentes, lograron estabilizarla en un 53% para 100 $\mu\text{g/L}$ de As(V) . En comparación, en la presente investigación el biocarbón mostró una menor capacidad de absorción.

La capacidad de absorción de arsénico obtenido por el biofiltro donde el carbón activado es el único mecanismo de depuración de metales pesados logró la reducción del 84 y 90% de los contaminantes; sin embargo, existen otros estudios donde el porcentaje de reducción alcanza niveles superiores. Yang et al. (2022), aplicaron biocarbón de alfalfa con una capa doble de Mg-Fe, obteniendo una elevada eficiencia de eliminación para varios metales pesados, incluyendo un 98.81% para As(V) ; esta eficiencia superior subraya el impacto de los modificadores químicos en la mejora de la capacidad de absorción del biocarbón. Hashimi et al. (2022) emplearon biocarbón de residuos de alimentos modificado con aluminio, logrando una capacidad de absorción de 52.2 mg/g y una remoción de arsénico de hasta el 92.5%. Además, Cuong et al. (2022) usaron biocarbón activado integrado a un sistema de deionización, alcanzando una capacidad de absorción de 40,76 mg/g para As(III) y 48,15 mg/g para As(V) , manteniendo una eficiencia del 94%

incluso con la aplicación de 1.2V. Este enfoque innovador muestra cómo la combinación de biocarbón activado con otras tecnologías puede potenciar la remoción de contaminantes.

La investigación realizó el tratamiento a una muestra de agua contaminada del Río Grande Huamachuco; por lo que además de la presencia de arsénico se detectaron otros metales pesados como Aluminio (Al), Cadmio (Cd), Cobre (Cu), Plomo (Pb), entre otros, en concentraciones de 535.95, 0.17, 25.83, 1.72 $\mu\text{g/L}$ respectivamente. A diferencia de otras investigaciones como la realizada por Huang et al. (2023), quienes emplearon biocarbón modificado con manganeso (Mn) y biocarbón sin modificar para la oxidación y adsorción de arsenito As(III) y arsenato As(V). Huang et al. (2023) se experimentaron con dos proporciones de MnO_2 a biocarbón, específicamente 1:10 y 3:10, manteniendo un pH controlado de 7, sus resultados revelaron que la proporción 1:10 de biocarbón modificado con Mn logró una impresionante absorción máxima de As (III) de 32.06 mg/g, comparativamente con el carbón activado sin modificar el cual mostró una absorción del 3% para As (V), mientras que el carbón activado con Mn en proporción de 1:10 alcanzó una absorción del 99.09%. Esto indica claramente la superioridad del biocarbón modificado con Mn sobre el biocarbón sin modificar en la absorción de arsénico. Es decir, que a pesar de que ambas investigaciones emplearon activadores para mejorar la absorción de contaminantes se obtuvieron resultados distintos, posiblemente atribuible a la cantidad de variedad de los contaminantes presentes en las distintas muestras de agua, la primera en muestras contaminadas del Río Grande – Huamachuco y la segunda en muestras contaminadas únicamente por arsenito As(III) y arsenato As(V).

Los porcentajes de absorción obtenidos para el biofiltro con manzana, aguaymanto y su combinación fueron de 86-88%, 88-90% y 90-92% respectivamente, en intervalos de tiempo de 3, 6, 9 y 12 horas; para la absorción de arsénico; además de la absorción de otros metales pesados. Los cuales difieren, y muestran superioridad a los resultados obtenidos por Kim et al. (2023), quienes redujeron la movilidad del arsénico a un 58.9% utilizando biocarbón de paja de arroz con peróxido de calcio; este enfoque no solo disminuyó la presencia de arsénico, sino que también mejoró otros parámetros del agua, como el oxígeno disuelto y la

concentración de calcio. Al comparar ambos estudios, se observa que, aunque la eficacia en la reducción de arsénico de Kim et al. es notable, la investigación con biocarbón de manzana y aguaymanto mostró una mayor eficacia en términos de absorción del arsénico y una variedad más amplia de metales pesados.

Las diversas investigaciones sobre la remoción de metales pesados y arsénico mediante el uso de biocarbón muestran tanto semejanzas como diferencias clave en sus resultados y metodologías. Por ejemplo, Mukherjee et al. (2021) y Liang et al. (2023) emplearon biocarbón de paja de arroz, mientras que Mukherjee et al. (2021), se enfocaron en la depuración de arsénico con una capacidad de absorción de 25,6 $\mu\text{g/g}$, Liang et al. (2023) lograron absorber simultáneamente cadmio y arsénico con una capacidad mucho mayor (141,1 mg/g para As y 224,4 mg/g para Cd). Estas diferencias pueden atribuirse a las variaciones en los tratamientos del biocarbón, como la activación con permanganato de potasio en el caso de Liang et al. En contraste, la investigación actual sobre biocarbón de manzana y aguaymanto muestra eficiencias de remoción del 86-92%, destacando la influencia del tipo de biomasa y las condiciones de preparación en la eficacia del biocarbón. Estas variaciones reflejan cómo la composición específica de la biomasa y los procesos de activación o modificación pueden alterar significativamente la capacidad del biocarbón para adsorber diferentes contaminantes, sugiriendo que no hay una solución única para la remoción de contaminantes, sino una necesidad de adaptación específica a cada caso.

VI. CONCLUSIONES

- Se evaluó la eficiencia del tratamiento por biofiltros con carbón activado de cáscaras de aguaymanto y manzanas para aguas contaminadas con arsénico. Entre los 3 biofiltros, el que obtuvo una mayor eficiencia es el conformado por biocarbón de cáscara de manzana y aguaymanto, obteniendo un el porcentaje de remoción alto con un 90%, seguido del biofiltro de biocarbón de cáscara de aguaymanto con un 87% de eficiencia y por último el biofiltro a base de cáscara de manzana.
- Se identificaron las características físicas y químicas del biofiltro por carbón activado de cáscara de aguaymanto y manzana; obteniendo que la elaboración del biocarbón de aguaymanto se logró a una temperatura de 500 °C, alcanzando una porosidad del 46.56%; mientras que la elaboración del biocarbón de manzana se logró a una temperatura de 400°C, alcanzando una porosidad del 54.40%
- Se realizaron las pruebas del tiempo de contacto de la muestra de agua contaminada del Rio Grande - Huamachuco, 2023, considerando como tiempos 3, 6, 9 y 12 horas, alcanzando una eficiencia de remoción de arsénico del 88%, 82%, 88% y 90% respectivamente, por lo que la mejor remoción se logró a las 12horas de tiempo de contacto entre la muestra y el biofiltro.
- Se identificó la relación entre la de remoción de arsénico y el tiempo de contacto de biofiltro con carbón activado de cáscaras de aguaymanto y manzana para las muestras; obteniendo un coeficiente de -0.053 y la significancia es mayor a 0.05 , por lo que no existe nivel de correlación. Esto quiere decir que la capacidad de remoción del arsénico no depende del tiempo de contacto; sin embargo, el material de fabricación del biocarbón si tiene influencia sobre la capacidad de remoción del arsénico.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda indagar en la mejora química y activación del biocarbón, debido a que en algunas de más investigaciones se resalta que la utilización de algunos químicos incrementa significativamente la eficiencia de absorción, por ello se aconseja profundizar la aplicación de diferentes agentes químicos, tales como sulfatos y cloruros metálicos, así como diversas técnicas de activación, para potenciar la efectividad del biocarbón producido a partir de la variedad de biomasas, incluyendo desechos agrícolas.
- Se sugiere para investigaciones futuras variar las dosis y porcentajes del biomaterial para que se pueda obtener diferentes porcentajes de eficiencia en la reducción del arsénico, a pesar de ello el biocarbón elaborado en esta investigación contiene una alta eficiencia de absorción.
- Se sugiere que las instituciones y entidades pertinentes realicen un control de las empresas mineras que se encuentran alrededor del Rio Grande – Huamachuco con respecto a la disposición final de sus aguas residuales.
- Se recomienda llevar estudios adicionales orientados en las condiciones de pirolisis, incluyendo los parámetros de temperatura, duración y entorno de la pirolisis.
- Se sugiere investigar los efectos de los iones concurrentes en la absorción debido ellas pueden influir en la capacidad de absorción del biocarbón.
- Se recomienda la integración de biocarbón en sistemas combinados de tratamientos de aguas; de acuerdo a los resultados, sería beneficioso explorar como el biocarbón puede integrarse con otras tecnologías. Esto podría desarrollar métodos más integrales y eficaces para la purificación de aguas residuales en situaciones donde las concentraciones son elevadas.

REFERENCIAS

ALARCÓN, Narda; PELÁEZ, Freddy. Transferencia de metales suelo–planta en el cerro “El Toro”, Huamachuco, Perú. Manglar, 2019, vol. 16, no 2, p. 143-149. Disponible en:

<https://erp.untumbes.edu.pe/revistas/index.php/manglar/article/view/130>

ALBAN Guevara, Gladys Patricia; VERDESOTO Arguello, Alexis Eduardo; CASTRO Molina, Nelly Esther. Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). Recimundo, 2020, vol. 4, no 3, p. 163-173. Disponible en:

<https://www.recimundo.com/index.php/es/article/view/860>

ALBISHRI, Hassan M.; YAKOUT, Amr A. Eliminación eficiente de Hg (II) de efluentes dentales mediante biocarbón tiofuncionalizado derivado de hojas de uchuva (*Physalis peruviana* L.). Química y física de materiales, 2023, vol. 295, pág. 127125. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0254058422014316>

ALHASSAN, Iliasu; ÇOKLAR, Hacer; AKBULUT, Mehmet. Determinación de algunas propiedades físicas, químicas y nutricionales en la cáscara y la pulpa de tres especies de manzana silvestre en cinco estados de madurez comestible. Archivos Brasileños de Biología y Tecnología, 2023, vol. 66, pág. e23220427. Disponible en:

<https://www.scielo.br/j/babt/a/wyhRTW4yrfPk5pxLPhbyrPn/?lang=en>

ALTAMIRANO, Maximina; DELGADO, Valeria. Contaminación natural por arsénico en las aguas subterráneas de la comunidad rural “La Fuente”, para sugerir y promover el uso de fuentes alternativas de agua segura municipio La Paz Centro, León, Nicaragua. Revista Torreón Universitario, 2019, vol. 8, no 23, p. 58-72. Disponible en:

<https://camjol.info/index.php/torreon/article/download/9856/11283/35014>

ÁLVAREZ-RISCO, Aldo. Clasificación de las investigaciones. 2020. Disponible en: <https://repositorio.ulima.edu.pe/handle/20.500.12724/10818>

ANA. Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales. Autoridad Nacional del Agua [en línea]. 11 de enero de 2016 [consultado el 30 de mayo de 2023]. Disponible en: https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/protocolo_nacional_para_el_monitoreo_de_la_calidad_de_los_recursos_hidricos_superficiales.pdf

AVEIGA ORTIZ, Ana María, et al. Distribución de arsénico en agua superficial y sedimento en la cuenca del río carrizal, manabí-ecuador. Revista de la Sociedad Química del Perú, 2020, vol. 86, no 3, p. 260-275. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1810-634X2020000300260&script=sci_arttext&tlng=pt

AVEIGA ORTIZ, Ana María, et al. Distribución de arsénico en agua superficial y sedimento en la cuenca del río carrizal, manabí-ecuador. Revista de la Sociedad Química del Perú, 2020, vol. 86, no 3, p. 260-275. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1810-634X2020000300260&script=sci_arttext&tlng=pt

AVILA-CAMACHO, Francisco Jacob, et al. Diseño de un espectrofotómetro UV-VIS de bajo costo para la industria bioquímica: Una Revisión. Padi Boletín Científico De Ciencias Básicas E Ingenierías Del ICBI, 2021, vol. 9, no Especial2, p. 19-28. Disponible en: <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/icbi/article/view/7788>

BELIZARIO QUISPE, Germán, et al. Determinación del contenido de Fósforo y Arsénico, y de otros metales contaminantes de las aguas superficiales del Río Coata, afluente del lago Titicaca, Perú. Revista Boliviana de Química, 2019, vol. 36, no 5, p. 223-228. Disponible en: http://www.scielo.org.bo/pdf/rbq/v36n5/v36n5_a04.pdf

BETANCURT ROMERO, Heraldo Manuel; LAPO CALDERÓN, Byron Gonzalo; AYALA ARMIJOS, José Humberto. Evaluación de la obtención de carbón activado a partir lodos de depuradoras de aguas residuales de la comunidad de Valencia: revisión bibliográfica. Ingeniería Industrial, 2022, no 43, p. 137-158. Disponible en: https://revistas.ulima.edu.pe/index.php/Ingenieria_industrial/article/view/5959

CACERES, Verónica Lucia; MINAVERY, Clara María. Regulación jurídica del agua embotellada y del arsénico en la provincia de Buenos Aires, Argentina. 2020. Disponible en: <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/171718>

CAI, Yajun, et al. Eliminación eficiente de Cr (VI) y As (V) de un sistema acuático utilizando typha biochar soportado con óxido de hierro. Investigación ambiental, 2023, vol. 225, pág. 115588. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013935123003808>

CALCINA-BENIQUE, Miguel Elias, et al. Arsénico en aguas subterráneas de la cuenca del río Callacame y su impacto en suelos agrícolas en Desaguadero, Puno-Perú. Dyna, 2022, vol. 89, no 221, p. 178-184. Disponible en: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85159892939&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=2f0c43cd6154b85cf09ec941a62a265e&sot=b&sdt=b&s=TITLE-ABS-KEY%28ars%C3%A9nico+en+aguas+subterr%C3%A1neas%29&sl=23&sessionSearchId=2f0c43cd6154b85cf09ec941a62a265e>

CARNIER, Ruan, et al. Adsorción y desorción de cadmio y plomo por biochares derivados de residuos de café. Bragantia, 2022, vol. 81. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/brag/a/Xh7Bv8bhvC54tXtL8rMNXWN/>

CASTRO-GONZÁLEZ, Numa Pompilio, et al. Nivel de contaminación de metales y arsénico en aguas residuales y suelos en la subcuenca del Alto Balsas en Tlaxcala y Puebla, México. Revista internacional de contaminación ambiental, 2019, vol. 35, no 2, p. 335-348. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-49992019000200335&script=sci_abstract&tlng=pt

CAUICH-KAU, Darío, et al. Ocurrencia natural y controles de arsénico en aguas subterráneas en una cuenca semiárida del altiplano mexicano. Revista de hidrogeología, 2022, p. 1-19. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10040-022-02562-w>

CHIQUITO VALLES, Jéssica Gabriela. Diseño de una planta de tratamiento de un efluente proveniente de elaboración de frituras mediante biofiltración en lecho estático. 2019. Tesis de Licenciatura. Quito, 2019. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20149>

COLLAZO, Paula, et al. Arsénico en agua subterránea de Uruguay y riesgo a la salud asociado (Proyecto AsURU): resultados preliminares. Revista Latino-Americana de Hidrogeología, 2020, 11 (3): 44-55, 2020. Disponible en: <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/33716>

CORAL CARRILLO, Katty Verónica, et al. Arsénico en aguas, suelos y sedimentos de la Reserva Biológica de Limoncocha-Ecuador con fines de conservación. INNOVA Research Journal, 2019, vol. 4, no 3, p. 158-169. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0012-73532022000200178&script=sci_arttext

CORONA LEO, Lizbeth Sandra; HERNÁNDEZ-MARTÍNEZ, Diana Maylet; MEZA-MÁRQUEZ, Ofelia Gabriela. Análisis de parámetros fisicoquímicos, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante en piel, pulpa y fruto entero de cinco cultivares de manzana (*Malus domestica*) cosechadas en México. Biotecnia, 2020, vol. 22, no 1, p. 166-174. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-14562020000100166

CUONG, Dinh Viet, et al. Un filtro de biocarbón activo integrado y un sistema de desionización capacitiva para la eliminación de alto rendimiento del arsénico de las aguas subterráneas. Revista de materiales peligrosos, 2022, vol. 423, pág. 127084. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304389421020525>

DUARTE, Leandro Emanuel, et al. Mortalidad por cáncer, arsénico y nitratos en aguas de consumo y superficies sembradas en Argentina. Revista Panamericana de Salud Pública, 2023, vol. 46, p. e129. Disponible en: <https://www.scielosp.org/article/rpsp/2022.v46/e129/es/>

ESCALERA, Ramiro, et al. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA LA REMOCIÓN DE ARSÉNICO DEL AGUA DE CONSUMO EN EL ALTIPLANO Y VALLES DE BOLIVIA. Investigación & Desarrollo, 2020, vol. 20, no 1, p. 23-39. Disponible en: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2518-44312020000100002&lang=es

ESTEBAN NIETO, Nicomedes. Tipos de investigación. 2018. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/250080756.pdf>

FIGUEROA VILLASAGUA, Maria Michel. Importancia del uso de tecnologías modernas para análisis de calidad del agua de riego para cultivos agrícolas. 2022. Tesis de Licenciatura. BABAHOYO: UTB, 2022. Disponible en: <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/13289>

FISCHER, Gerhard; MELGAREJO, LUZ. La ecofisiología de la uchuva (*Physalis peruviana* L.), un cultivo frutal andino. Una revisión. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas, 2020, vol. 14, nº 1, pág. 76-89. Disponible en: https://www.academia.edu/download/69999305/Physalis_Peruviana_L._Fruta_and_ina_para_20210920-6864-1jq5i33.pdf#page=31

GARCÍA-GODOS, Paula, et al. Caracterización morfológica in situ de 34 accesiones de *Physalis peruviana* L. del departamento de Ayacucho (Perú). Información tecnológica, 2022, vol. 33, no 2, p. 169-180. Disponible en: https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-07642022000200169&script=sci_arttext

GONZÁLEZ VEGA, Alba María del Carmen; VÁZQUEZ ARELLANO, Luis Ernesto; RAMOS GARCÍA, Jesús Manuel. La Observación en el Estudio de las Organizaciones. *New Trends in Qualitative Research*, 2021, vol. 5, p. 71-82. Disponible en: <https://www.publi.ludomedia.org/index.php/ntqr/article/view/40>

GONZÁLEZ-CHÁVEZ, José Luz, et al. Elucidación del mecanismo de remoción de arsénico en disolución acuosa con residuos metalúrgicos. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 2023, vol. 39, p. 25-42. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-49992023000100104&script=sci_abstract&tlng=en

GOYKOVIC-CORTÉS, Vitelio; UGALDE-SMOLCZ, Sandra; PACHECO-CARTAGENA, Patricia. Eficiencia fitorremediadora de vetiver (*Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty) en agua contaminada con arsénico y plomo. *Idesia* (Arica), 2021, vol. 39, no 4, p. 139-145. Disponible en: https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-34292021000400139&script=sci_arttext

HARDY PEREZ, Alberto, ROVELO LIMA, Eduardo. Moral, ética y bioética. Un punto de vista práctico. 2015. Disponible en: <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/49590>

HASHIMI, Sayed Q., et al. Adsorción de arsénico del agua usando residuos de alimentos modificados con aluminio Biocarbón: Optimización usando la metodología de superficie de respuesta. Agua, 2022, vol. 14, n° 17, pág. 2712. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2073-4441/14/17/2712>

HERVE YEO, Kanfolo Franck, et al. Caracterización del biocarbón de fibra de kapok para la eliminación por adsorción de arsenato de una solución acuosa. Investigación ambiental, 2023, vol. 228, pág. 115822. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S001393512300614X>

HIRSCH ADLER, Ana; NAVIA ANTEZANA, Cecilia. Ética de la investigación y formadores de docentes. Revista electrónica de investigación educativa, 2018, vol. 20, no 3, p. 1-10. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1607-40412018000300001&script=sci_arttext

HUANG, Qin, et al. Oxidación y sorción de arsenito simultáneas mejoradas por biocarbón modificado con manganeso: información sobre los mecanismos en condiciones de modificación óptimas. Revista de ingeniería química ambiental, 2023, vol. 11, n° 3, pág. 109612. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213343723003512>

INEI, INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E. INFORMÁTICA. Compendio Estadístico, La Libertad 2022. Plataforma del Estado Peruano [en línea]. Diciembre de 2022 [consultado el 30 de mayo de 2023]. Disponible en: https://www.gob.pe/institucion/inei/buscador?contenido=todos&institucion=inei&sheet=1&sort_by=none&term=la%20libertad

INEI, INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E. INFORMÁTICA. LA LIBERTAD RESULTADOS DEFINITIVOS TOMO I. Plataforma del Estado Peruano [en línea]. Octubre de 2018 [consultado el 30 de mayo de 2023]. Disponible en: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1575/13TOMO_01.pdf

INGUILLAY GAGÑAY, Lisbeth Katerine; TERCERO CHICAIZA, Silvia Lorena; LÓPEZ AGUIRRE, José. Ética en la investigación científica. Revista Imaginario Social, 2020, vol. 3, no 1. Disponible en: <http://www.revista-imaginariosocial.com/index.php/es/article/view/10>

INTRIAGO FLORES, Julio Benito; QUIROZ FERNÁNDEZ, Luis Santiago. Calidad del agua de la cuenca media del río Portoviejo. Estrategias para mitigar la contaminación. Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional, 2021, vol. 6, no 6, p. 1172-1195. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8016977>

KHAN, Zulqarnain Haider, et al. Eliminación simultánea y eficiente de Cd(II) y As(III) por un compuesto de biocarbón codopado con magnesio y manganeso: rendimiento de sorción y mecanismos de gobierno. Revista de ingeniería química ambiental, 2023, vol. 11, nº 3, pág. 109919. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213343723006589>

KIM, Hye-Bin, et al. Mitigación de la liberación de arsénico por peróxido de calcio (CaO₂) y biocarbón de paja de arroz en suelo de arrozal. Quimiosfera, 2023, vol. 324, pág. 138321. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004565352300588X>

KUMAR, Rahul, et al. Tecnologías emergentes para la remoción de arsénico del agua potable en áreas rurales y periurbanas: métodos, experiencia y opciones para América Latina. Ciencia del Medio Ambiente Total, 2019, vol. 694, pág. 133427. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969719333467>

KUSHWAHA, Rohit; SINGH, Ram Sharan; MOHAN, Devendra. Estudio comparativo para sorción de arsénico en biocarbón de cáscara de maní y biocarbón de cáscara de maní modificado. Tecnología de biorecursos, 2023, vol. 375, pág. 128831. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852423002572>

LAN, Luis E., et al. Comparación entre diferentes tecnologías (hierro cerivalente, coagulación-floculación, adsorción) para el tratamiento de arsénico a altas

concentraciones. Agua, 2023, vol. 15, nº 8, pág. 1481. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2073-4441/15/8/1481>

LERDA, Daniel Enrique; GARGANTINI, Pablo. Cáncer de pulmón y arsénico. Revista Methodo: Investigación Aplicada a las Ciencias Biológicas, 2022, vol. 7, no 4, p. 329-338. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8605285>

LIANG, Xinran, et al. La eliminación simultánea de alta eficacia de As (III) y Cd mediante un biocarbón modificado derivado de la paja de arroz. Revista de ingeniería química ambiental, 2023, vol. 11, nº 3, pág. 109874. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213343723006139>

LIU, Huiping, et al. Caracterización de la degradación del acetocloro y papel de las comunidades microbianas en biofiltros con variados tipos de sustrato. Revista de ingeniería química, 2023, p. 143417. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1385894723021484>

MARTÍNEZ-PEÑA, Vania Isabel, et al. Aprovechamiento de residuo de biomasa fúngica en la obtención de un sistema magnético nanoestructurado para remover arsénico del agua. Revista internacional de contaminación ambiental, 2020, vol. 36, no 2, p. 383-397. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992020000200383&lang=es

MAYORGA PÉREZ, Diego Fernando, et al. Implementación de un Banco para calibración de cronómetros utilizando un oscilador de elemento base rubidio. Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional, 2021, vol. 6, no 3, p. 1158-1180. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/15093>

MINAM, Perú. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua y establecen disposiciones complementarias. El Perú, 2017, vol. 7, p. 10-19.

MUKHERJEE, Santanu, et al. Efficacy of agricultural waste derived biochar for arsenic removal: Tackling water quality in the Indo-Gangetic plain. Revista de Gestión Ambiental, 2021, vol. 281, pág. 1-12. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479720317394>

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL SÁNCHEZ CARRIÓN. Huamachuco Generalidades. Municipalidad Provincial Sanchez Carrión [en línea]. 2023 [consultado el 30 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://www.munihuamachuco.gob.pe/hco-generalidades>

NOCETTI, Diego, et al. Composición y efectos biológicos de los subproductos de la uchuva: una descripción general. Revista de Ciencias de la Alimentación y la Agricultura, 2020, vol. 100, n° 12, pág. 4335-4346. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/340078616_Composition_and_biological_effects_of_goldenberry_byproducts_An_overview_Goldenberry_byproducts_An_overview

OBREGÓN LA ROSA, Antonio, et al. Desarrollo de un néctar funcional a partir de aguaymato (*Physalis peruviana*), camu camu (*Myrciaria dubia*) y pitahaya (*Selenicereus megalanthus*) enriquecido con la adición de fibra soluble. Tecnología Química, 2019, vol. 39, no 3, p. 690-703. Disponible en: <https://tecnologiaquimica.uo.edu.cu/index.php/tq/article/view/5042>

ODUN-AYO, F.; CHETTY, K.; REDDY, L. Determinación del contenido de ácidos ursólico y oleanólico con capacidad antioxidante en extracto de cáscara de manzana de varios cultivares. Revista Brasileña de Biología, 2022, vol. 82. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/bjb/a/ZWVrLvpWyXmnGymhwqTz8yx/?format=pdf&lang=en>

Organización Mundial de la Salud (OMS). Arsénico. World Health Organization (WHO) [en línea]. 7 de diciembre de 2022 [consultado el 27 de mayo de 2023]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/arsenic>

PARK, Jong-Hwan, et al. Características de adsorción de cadmio de biochares derivados del uso de varios residuos de árboles de pino y temperaturas de pirólisis. Revista de ciencia de interfaces y coloides, 2019, vol. 553, pág. 298-307. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0021979719307052>

PEREYRA, Laura Cecilia; VAIRA, Marcos. Diseño de Muestreo. 2021. Disponible en: <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/156720>

PICÓN, Darío; MELIAN, Yanina Alejandra. La unidad de análisis en la problemática enseñanza-aprendizaje. Informes Científicos Técnicos-UNPA, 2014, vol. 6, no 3, p. 101-117. Disponible en:

<https://pdfs.semanticscholar.org/810b/9dfac0f658e18c36b892fdb2f6246d4a1b00.pdf>

PODGORSKI, Joel; BERG, Michael. Amenaza global del arsénico en las aguas subterráneas. Ciencia, 2020, vol. 368, n.º 6493, pág. 845-850. Disponible en: <https://www.science.org/doi/abs/10.1126/science.aba1510>

PONCE, Jimena Agustina. Desarrollo de nanocompuestos matriz polimérica/bentonita para la eliminación de Arsénico en aguas. 2021. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Mar del Plata. Facultad de Ingeniería; Argentina. Disponible en: <http://rinfi.fi.mdp.edu.ar/handle/123456789/508>

PRATS CUEVAS, Joaquim; SALAZAR-JIMÉNEZ, Rodrigo A.; MOLINA-NEIRA, Josué. Implicaciones metodológicas del respeto al principio de autonomía en la investigación social. Andamios, 2016, vol. 13, no 31, p. 129-154. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1870-00632016000200129&script=sci_abstract&tlng=pt

QUINN, Katherine, et al. Fuerzas que rigen el transporte de Escherichia coli patógena y no patógena en columnas de arena modificadas con biocarbón dopado con nitrógeno y magnesio. Investigación en microbiología, 2023, vol. 14, nº 1, pág. 218-228. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2036-7481/14/1/18>

QUINTANILLA CORENA, Angélica, et al. Diseño de protocolo de buenas prácticas para el manejo de la calidad físico-química y biológica del agua utilizada para cultivos acuícolas de camarón marino: en asocio con Cooperativa San Mateo, Conchagua, La Unión. 2021. Disponible en: <http://www.redicces.org.sv/jspui/handle/10972/4348>

RAHMAN, MD Yeasir A., et al. Calidad del agua y rendimiento hidráulico de los biofiltros modificados con biocarbón para la gestión de la escorrentía agrícola. Quimiosfera, 2021, vol. 283, pág. 130978. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653521014508>

RIBEIRO, Willian B., et al. Evaluación de la Temperatura de Producción de Biocarbón en Interacción con Elastómeros de Diferentes Polaridades. Investigación de materiales, 2023, vol. 26. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/mr/a/RY6Mc84htzQ8D4snFkng4gz/citation/>

ROBLES PASTOR, Blanca Flor. Población y muestra. Pueblo continente, 2019, vol. 30, no 1, p. 245-247. Disponible en: <http://journal.upao.edu.pe/PuebloContinente/article/view/1269>

RUBIO-VALLE, José Fernando, et al. Desarrollo de andamios biodegradables mediante separación de fases con una potencial aplicación en Ingeniería Tisular. 2020. Disponible en: <http://dspace.aepro.com/xmlui/handle/123456789/2466>

SADAT NEISAN, Roya, et al. Remoción de Arsénico por Adsorbentes del Agua para Sistemas Descentralizados de Pequeñas Comunidades: Desempeño, Caracterización y Parámetros Efectivos. Tecnologías limpias, 2023, vol. 5, nº 1, pág. 352-402. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2571-8797/5/1/19>

SILVA IAHNKE, Aline Oliveira, et al. Desenvolvimento de filmes biodegradáveis e nanofibras a partir de resíduos de cápsulas gelatinosas. 2019. Disponible en: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/204084>

SUÁREZ ACERO, Daniel Alexander, et al. Proceso de gestión de mantenimiento para equipos de laboratorio de Química: Analizador elemental Flash 2000. 2022. Disponible en: <https://repositorio.uniandes.edu.co/handle/1992/58024>

VALDIVIELSO, Sonia; VÁZQUEZ-SUÑÉ, Enric; CUSTODIO, Emilio. Isotopía ambiental de las precipitaciones y de las aguas superficiales y subterráneas en los Andes Centrales: Revisión. 2021. Disponible en: <https://digital.csic.es/handle/10261/253869>

VELÁZQUEZ MACHUCA, Martha Alicia, et al. Caracterización física y química de biochar de lodos residuales. Terra Latinoamericana, 2019, vol. 37, no 3, p. 243-251. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-57792019000300243&script=sci_abstract&tlng=pt

WEI, Zhuo, et al. Aplicaciones de biocarbón en la remediación de suelos y aguas contaminados con hidrocarburos de petróleo: una revisión. Revista de Ciencias

Ambientales, 2023. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1001074223001663>

XIAO, Jiang, et al. ¿El biocarbón micro/nano siempre es bueno para la fitorremediación? Un estudio de caso de suelo ácido contaminado con múltiples metales utilizando *Salix jiangsuensis* '172'. *Investigación del carbono*, 2023, vol. 2, nº 1, pág. 21. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s44246-023-00053-5>

YANG, Yuanyuan, et al. Alfalfa biochar supported Mg-Fe layered double hydroxide as filter media to remove trace metal (loid) s from stormwater. *Science of The Total Environment*, 2022, vol. 844, p. 156835. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969722039328>

ZAMBRANO CEDEÑO; Ives Santiago. Filtros de arcilla y cascarilla de arroz, incidencia en remoción de carga orgánica en aguas residuales de la ciudad de Portoviejo. 2019. Tesis de Licenciatura. Calceta: ESPAM MFL. Disponible en: <https://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/988>

ZENDEJAS RODRÍGUEZ, Alfredo, et al. Tratamiento de agua producida en la cuenca pérmica para fracturación hidráulica: Comparación de diferentes procesos de coagulación y medios filtrantes innovadores. *Agua*, 2020, vol. 12, nº 3, pág. 770. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2073-4441/12/3/770>

ZERÓN, Agustín. Beneficencia y no maleficencia. *Revista de la Asociación Dental Mexicana*, 2019, vol. 76, no 6, p. 306-307. Disponible en: <https://www.mediagraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=90445>

ZHANG, Sijing, et al. Biocarbón poroso a base de orujo de manzana como materiales de electrodos para supercondensadores. *Diamante y materiales relacionados*, 2022, vol. 130, pág. 109507. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925963522006896>

ZHOU, Juanjuan, et al. Coagulación de trazas de arsénico y cadmio del agua potable utilizando oxalato de titanio y potasio. *npj Agua Limpia*, 2023, vol. 6, nº 1, pág. 9. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41545-023-00227-z>

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencias.

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
General	General	General	Independiente		-Porosidad -Cantidad de biomaterial -Tamaño de partículas -Temperatura de pirolisis -PH
¿Cuál será la eficiencia del tratamiento del biofiltro por carbón activado para el agua contaminada con arsénico, Río Grande – Huamachuco 2023?	Evaluar la eficiencia del tratamiento por biofiltro con carbón activado de cáscaras de aguaymanto y manzana para aguas contaminadas con arsénico, Río Grande - Huamachuco, 2023	Habrà una alta eficiencia del tratamiento por biofiltro con carbón activado de cáscaras de aguaymanto y manzana para aguas contaminadas con arsénico, Río Grande - Huamachuco, 2023	Biofiltro	Biocarbón	-Composición de estratos
General	General	General	Dependiente		
¿cuáles serán características físicas y químicas del carbón activado empleado en el biofiltro para el tratamiento del agua contaminada por arsénico, Río Grande – Huamachuco 2023?	Identificar las características físicas y químicas del biofiltro por carbón activado de cáscaras de aguaymanto y manzana para aguas contaminadas con arsénico, Río Grande - Huamachuco, 2023	Se obtendrán apropiadas características físicas y químicas del biofiltro con carbón activado de cáscaras de aguaymanto y manzana para aguas contaminadas con arsénico, Río Grande - Huamachuco, 2023	Aguas contaminadas con arsénico	Características físicas y químicas	--PH -Densidad -Conductividad eléctrica -Cantidad de arsénico
¿cuál será el tiempo de contacto adecuado para el tratamiento del biofiltro por carbón activado para el agua	Identificar el tiempo de contacto adecuado para el tratamiento por biofiltro con carbón activado de cáscaras de aguaymanto	El aumento del tiempo de contacto mejora el tratamiento por biofiltro con carbón activado de cáscaras de aguaymanto		Tiempo de contacto	-Tiempo

contaminada con arsénico, Río Grande – Huamachuco 2023?	y manzana para aguas contaminadas con arsénico, Rio Grande - Huamachuco, 2023	y manzana para aguas contaminadas con arsénico, Rio Grande - Huamachuco, 2023		
¿cuál será la relación entre la remoción de arsénico por biofiltro y el tiempo de contacto de biofiltro de carbón activado para el agua contaminada con arsénico, Río Grande – Huamachuco 2023?	Identificar la relación entre la de remoción de arsénico y el tiempo de contacto de biofiltro con carbón activado de cáscaras de aguaymanto y manzana para aguas contaminadas, Rio Grande - Huamachuco, 2023.	Existe una relación directa entre la de remoción de arsénico y el tiempo de contacto de biofiltro con carbón activado de cáscaras de aguaymanto y manzana para aguas contaminadas, Rio Grande - Huamachuco, 2023.	Depuración de arsénico	- Concentración inicial - Concentración final

Anexo 2. Operacionalización de variable independiente

Variable independiente	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores
Biofiltro con carbón activado	Se entiende por biofiltro a cualquier técnica de filtrado que involucra organismos o compuestos de origen biológico, estos trabajan en biorreactores de lecho empacado que contienen materiales porosos naturales y sintéticos (Rahman et al, 2021, p.2).	El biofiltro se entiende como un reactor que contiene material de carbón activado del biomaterial de cáscara de manzana y aguaymanto.	Biocarbón	- Porosidad - Cantidad de biomaterial - Tamaño de partículas - Temperatura de pirolisis - pH
			Biofiltro	Composición de estratos

Anexo 3. Operacionalización de la variable dependiente.

Variable dependiente	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores
Aguas contaminadas con arsénico	<p>Las aguas contaminadas por arsénico se deben principalmente a causas naturales por la disolución de rocas y cenizas de origen volcánico y por actividades antropogénicas relacionadas con la minería, electrónica, agricultura y la eliminación de residuos municipales e industriales (Sadat et al, 2023, p.353). Por lo que la OMS estableció que el valor máximo permitido en aguas debe ser de 10 µg/L (2022).</p>	<p>el agua contaminada con arsénico es el cuerpo hídrico que tiene presencia de As (III) y As (V) ya sea en bajas o altas concentraciones.</p>	<p>Características físicas y químicas</p>	<p>-PH -Densidad - Conductividad eléctrica -Cantidad de arsénico</p>
			<p>-Tiempo de contacto</p>	<p>-Tiempo</p>
			<p>-Depuración</p>	<p>- Concentración inicial - Concentración final</p>

Anexo 4. Ficha de recolección de datos de la filtración de carbón activado.

INSTRUMENTO PARA EVALUAR LA BIOFILTRACIÓN POR CARBÓN ACTIVADO DE CÁSCARAS DE AGUAYMANTO Y MANZANA					
RESPONSABLE:					
LUGAR:					
HORA DE INICIO:					
HORA DE FINALIZACIÓN:					
IDENTIFICACIÓN DEL BIOFILTRO					
NÚMERO DE TRATAMIENTO					Observaciones del biofiltro:
CÓDIGO DE BIOFILTRO					
COMPOSICIÓN					
DATOS DEL CARBÓN ACTIVADO					
MATERIAL EMPLEADO					Observaciones del biocarbón:
CANTIDAD EMPLEADA					
POROSIDAD DEL BIOCARBÓN					
Relación C:N					
FACTORES NO CONTROLABLES					
TIEMPO DE APLICACIÓN (h)	INICIO	3	6	9	12
TEMPERATURA AMBIENTE					
HUMEDAD DEL AMBIENTE					
CONTROLES OPERATIVOS DE LA BIOFILTRACIÓN					
TIEMPO DE APLICACIÓN (h)	INICIO	3	6	9	12
pH					
Temperatura (°C)					
Observación del tratamiento:					

Anexo 5. Ficha de medición de las aguas contaminadas con arsénico.

INSTRUMENTO PARA MEDIR LAS AGUAS CONTAMINADAS CON ARSÉNICO					
RESPONSABLE DE LA TOMA DE MUESTRA:					
LUGAR DE TOMA DE MUESTRA:					
HORA DE INICIO:					
HORA DE FINALIZACIÓN:					
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA					
NÚMERO DE TRATAMIENTO					
CÓDIGO DE MUESTRA					
Observaciones de la muestra tomada:					
CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA DE AGUA					
TIEMPO DE APLICACIÓN (h)		3	6	9	12
TEMPERATURA					
pH					
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA					
Observaciones de los parámetros medidos:					
MEDICIÓN DE ARSÉNICO EN EL AGUA					
TIEMPO DE APLICACIÓN (h)		3	6	9	12
CONCENTRACIÓN DE AS (III)					
CONCENTRACIÓN DE AS (V)					
Observaciones del tratamiento:					

Anexo 6. Validación de instrumento 1- Validador 1



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: *Mag. Pilsa Alaña, Freddy*
 1.2. Cargo e institución donde labora: *Universidad Cesar Vallejo*
 1.3. Especialidad o línea de investigación: *Calidad y gestión de los recursos naturales*
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: *Instrumento para evaluar la legislación por cambio climático*
 1.5. Autor (A) de Instrumentos: *Centro Balcón, Jorge Anzures, Fernando Muñoz, Bayan*

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MEDIAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										✓			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										✓			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										✓			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										✓			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										✓			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										✓			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										✓			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										✓			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										✓			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										✓			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

P
0

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85

Lima, 13 de Diciembre del 2023.



 Firma y sello
 Mag. Freddy Pilsa Alaña

Anexo 7. Validación de instrumentos 2 – Validador 1



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- I.1. Apellidos y Nombres: *Mag. Pillo Alíaga, Freddy*
- I.2. Cargo e institución donde labora: *Universidad César Vallejo*
- I.3. Especialidad o línea de investigación: *Calidad y Gestión de los Recursos Naturales*
- I.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: *Instrumento para medir los aguas contaminadas con arsénico*
- I.5. Autor (A) de Instrumento: *Ceballos, Jorge Anselmi / Chambi Muñoz, Rogan*

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										✓			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										✓			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										✓			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										✓			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										✓			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										✓			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										✓			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										✓			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										✓			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										✓			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

✓

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

85

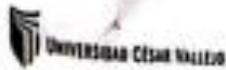
Lima, 13 de Diciembre de 2023.



Firma y sello

Mag. Freddy Pillo Alíaga

Anexo 8. Validación de instrumentos 1 – Validador 2



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: *Ing. Csp. Luis Enrique Lezano Castillo*
- 1.2. Cargo e institución donde labora: *Universidad César Vallejo*
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: *Calidad y Gestión de los Recursos Naturales*
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: *Instrumento para evaluar la hipótesis por ciertos criterios*
- 1.5. Autor (A) de instrumento: *Cristian Baldón, Leydi Angeli / Chambi Muñoz, Bryan*

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										✓			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										✓			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										✓			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										✓			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.										✓			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										✓			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										✓			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										✓			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										✓			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										✓			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X
0

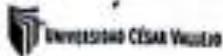
IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85

Lima, 11 de Diciembre del 2023.

.....
 Firma y sello
Ing. Luis Enrique Lezano Castillo

Anexo 9. Validación de instrumentos 2 – Validador 2



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: *Ing. Ciro Luis Enrique Lozano Castillo*
 1.2. Cargo e institución donde labora: *Universidad Cesar Vallejo*
 1.3. Especialidad o líneas de investigación: *Calidad y Gestión de los cursos Naturales*
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: *Instrumento para medir los aguas contaminadas con Arsénico*
 1.5. Autor (A) de Instrumento: *Certero Balda, Leydi / Chento Muñoz, Bryan.*

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.													
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.													
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.													
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.													
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales													
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis.													
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.													
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.													
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.													
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.													

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X
0

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

85

Lima, 13 de Diciembre de 2023.

.....
Firma y sello

Ing. Luis Enrique Lozano Castillo

Anexo 10. Validación de instrumentos 1 – Validador 3



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Ph. D. Camel Paucar, Vladimir Fernando
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Universidad Cesar Vallejo
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Instrumento para evaluar la Bujitrouich por cartón Activo
- 1.5. Autor (A) de Instrumento: ~~Contra~~ Baldrón, Lady Angeli / ~~maestra~~ Chando Muñoz, Bryan

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACCEPTABLE			ACCEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.							/							
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.							✓							
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.							/							
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.							✓							
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales							/							
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.							/							
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.							/							
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.							/							
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.							✓							
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.							✓							

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X
0

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

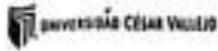
70

Lima, 13 de 12 del 2023.


Firma y sello

Ph. D. Camel Paucar, Vladimir Fernando

Anexo 11. Validación de instrumentos 1 – Validador 3



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: *Inq. Gr. Camel Paucar, Vladimir Fernando*
 1.2. Cargo e institución donde labora: *Universidad César Vallejo*
 1.3. Especialidad o línea de investigación: *calidad y freshería de los recursos hídricos*
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: *Instrumento para Medir los Aguas Contaminadas con Arsénico*
 1.5. Autor (A) de Instrumento: *Antonio Baldeón Leyte Arellano / Chumbi Huíno, Bryan*

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.							✓						
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.							✓						
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.							✓						
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.							✓						
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales							✓						
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis.							✓						
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.							✓						
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.							✓						
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.							✓						
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.							✓						

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X
0

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

70

Lima, 13 de 12 de 2023.

Firma y sello

Ph. D. Camel Paucar, Vladimir Fernando

Anexo 12. Pruebas de laboratorio INIA certificada por Incal



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INCAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 200



INFORME DE ENSAYO N° 10008-23/AG/ LABSAF - SEDE CENTRAL

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM		1					
Código de Laboratorio		AG1141-SC-23					
Matriz Analizada		AGUA					
Fecha de Muestreo		-					
Hora de Inicio de Muestreo (h)		-					
Condición de la muestra		PRESERVADA					
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente		MUESTRA DE AGUA					
Ensayo	Unidad	LC	Resultados				
Metales Totales (**)							
Berilio (Be)	ug/L	-	0.00				
Vanadio (V)	ug/L	-	8.09				
Cobalto (Co)	ug/L	-	1.44				
Niquel (Ni)	ug/L	-	1.42				
Cobre (Cu)	ug/L	-	25.83				
Arsénico (As)	ug/L	-	22.51				
Selenio (Se)	ug/L	-	0.42				
Estroncio (Sr)	ug/L	-	119.24				
Molibdeno (Mo)	ug/L	-	0.26				
Plata (Ag)	ug/L	-	0.30				
Cadmio (Cd)	ug/L	-	0.17				
Talio (Tl)	ug/L	-	0.02				
Plomo (Pb)	ug/L	-	1.72				
Calcio (Ca)	ug/L	-	32,106.74				
Metales Totales (**)							
Boro (B)	ug/L	-	0.00				
Aluminio (Al)	ug/L	-	535.95				
Cromo (Cr)	ug/L	-	0.75				
Manganeso (Mn)	ug/L	-	675.52				
Antimonio (Sb)	ug/L	-	1.31				
Zinc (Zn)	ug/L	-	24.55				
Bario (Ba)	ug/L	-	38.40				
Mercurio (Hg)	ug/L	-	0.66				
Sodio (Na)	ug/L	-	10,450.44				
Magnesio (Mg)	ug/L	-	4,672.18				
Potasio (K)	ug/L	-	5,121.92				
Hierro (Fe)	ug/L	-	3,314.19				

Firmado digitalmente por:
ESPIRITU NATIVIDAD JIMMY EDWARD
RIR 43202422 hard
Motivo: Soy el autor de l documento
Fecha: 27/10/2023 16:45:39-0500

Anexo 13. Pruebas de laboratorio para la muestras de biocarbón de aguaymanto

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS		Orden N° JR 2023 - 001
		Fecha de Emisión 02/12/2023
		Certificado N° LEB01-0238
PROYECTO: "SECCION DE AGUAYMANTO Y WASHITA" SOLICITANTE: "SUD-INGENIERIA CONSULTORES"		
REFERENCIAS DE LA MUESTRA		
IDENTIFICACION	Muestra de Aguaymanto	PESO DE MUESTRA (NOC) N° 1 g
		PESO MUESTRA DE PRUEBA N° 4 g
		PESO FRACCION < 0.75 N° 2 g

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE ACOMPAÑADO DE SUELOS Y FINOS					
SIEVES		RESID.	RETENIDO	RETENIDO	RESID.
AMERICANA	mm	%	(%)	(%)	(%)
7	0.075				
20	0.075				
40	0.075				
60	0.075				
75	0.075				
100	0.075				
150	0.075				
200	0.075				
250	0.075				
300	0.075				
350	0.075				
400	0.075				
450	0.075				
500	0.075				
550	0.075				
600	0.075				
650	0.075				
700	0.075				
750	0.075				
800	0.075				
850	0.075				
900	0.075				
950	0.075				
1000	0.075				

TRACCIONES DE GRAVA, ARENA Y FINOS DE MUESTRA ENSAYO			
Tamaño Máximo (mm)	Gravímetro	N° 6	
Tamaño Máximo (mm)	Gravímetro	N° 8	
Porcentaje de Retención (%)	(%)	100	

CLASIFICACIÓN DE SUELOS		DESCRIPCIÓN DEL SUELO	
USDA	ADMICSA	UF	Área y porcentaje global
USDA	ADMICSA	UF	UF

GRANULOMETRÍA

CONSIDERACIONES:
 Muestra tomada en estado húmedo por parte del SOLICITANTE.
 La muestra se colocó en estado húmedo.

INDICADORES REALIZADOS POR:
 Juan Carlos ZUÑIGA TORO S. INGENIERO S.R.L.
 RUC 2000020112
 Dirección: Calle Baguay, Dpto. Itaya No. 311 N. San Martín de Porres.
 Teléfono: 011 882 840 323 / 056 363 147
 Email: info@ingenioconsultores.com
jcg@ingenioconsultores.com
proyectos@ingenioconsultores.com
 Web: www.ingenioconsultores.com

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

Informe N° : JR 2023 - 398
 Fecha de Emisión : 05/12/2023
 Certificado N° : LEM 91-02398

PROYECTO : "BICARBÓN DE AGUAYMANITO Y MANZANA"

SOLICITANTE : LEYDI ANGELI CENTENO BALDEON

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : Bicarbón de Aguaymanito

METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL PESO ESPECIFICO RELATIVO DE LAS PARTICULAS SOLIDAS DE UN SUELO NTP 339.131

DATOS		1	2	RESULTADO
TEMPERATURA TX	(°C)	20	20	
MASA MATERIAL SECO A 105 °C	(g)	50.2	50.4	
MASA PICONOMETRO + PDD	(g)	643.4	635.3	
MASA PICONOMETRO + PDD + MAT. SECO	(g)	639.1	630.8	
PESO ESPECIFICO TX (G _s)	(g/cm ³)	0.9	0.9	
GRAVEDAD ESPECIFICA T20 °C (G _s T ₂₀ K)	(g/cm ³)	0.90	0.90	0.91

Diferencia de los ensayos : -0.02 Ensayo válido

Factores de correcciones a diferentes temperaturas.

T (°C)	Densidad relativa del agua (g/cm ³)	Factores de corrección K.
18	0.9986244	1.0004
19	0.9984347	1.0002
20	0.9982343	1.0000
21	0.9980233	0.9998
22	0.9978019	0.9996
23	0.9975702	0.9993
24	0.9973286	0.9991
25	0.997077	0.9988
26	0.9968156	0.9986
27	0.9965451	0.9983
28	0.9962652	0.998
29	0.9959761	0.9977
30	0.995678	0.9974

Para el ensayo se toman los siguientes valores de K.

K1 : 0.9986
 K2 : 0.9986

POROSIDAD EN SUELOS

DATOS		1	2	RESULTADO
MASA DE LA PROBETA	(g)	133.98	137.70	
MASA DE LA PROBETA + SOLIDO	(g)	167.98	171.41	
MASA DE LA PROBETA + SOLIDO + AGUA	(g)	199.43	204.05	
VOLUMEN TOTAL DE LA MUESTRA	(cm ³)	68.00	70.00	
DENSIDAD DEL SOLIDO	(g/cm ³)	0.90	0.90	
POROSIDAD	(%)	46.28	46.96	46.48

OBSERVACIONES

Muestra tomada e identificada por personal del SOLICITANTE

ENSAYOS REALIZADOS POR:

[Firma manuscrita]

Redacción: JR GEOCONSULTORES E INGENIEROS S.R.L.

SICREVA N°: 30000732114

RENES 5070

Dirección: Urb. Las Begonias 2da. Etapa N°. 8 LL. 16 - San Martín de Porres

Reg. OP N° 12834

Teléfono : 982 840 330 / 996 363 147

Correo electrónico : rj@geocorlatom.com

Correo electrónico : j.geocorlatom@gmail.com

Correo electrónico : proyectos@geocorlatom.com

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.

Anexo 12. Pruebas de laboratorio de las muestras de biocarbón de manzana

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS		Orden N°	JR 2020 - 088
		Fecha de Emisión	05/10/2020
		Certificado N°	LIM 20-02088
PROYECTO : "CAMINO AGUAYMAYO Y BARRIO"			
SOLICITANTE : UNO INGENIERING S.A.S.			
REFERENCIA DE LA BASES :			
CATEGORÍA :		PESO DE MUESTRA SEC : 100g	PESO DE MUESTRA H2O : 100g
		PESO MUESTRA DE SECO : 100g	PESO FRACCIÓN < 0.75 : 100g

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGRUADOS GRANES Y FINES					
APND 022					
MALLA		PESO	RETENIDO	RETENIDO	PASA
SERIE	ABERTURA (mm)	RETENIDO (g)	RETENIDO (%)	ACUMULADO (%)	(%)
1	75				
2	150				
3	300				
4	600				
5	1200				
6	2500				
7	5000				
8	10000				
9	20000				
10	40000				
11	80000				
12	160000				
13	320000				
14	630000				
15	1250000				
16	2500000				
17	5000000				
18	10000000				
19	20000000				
20	40000000				
21	80000000				
22	160000000				
23	320000000				
24	630000000				
25	1250000000				
26	2500000000				
27	5000000000				
28	10000000000				
29	20000000000				
30	40000000000				
31	80000000000				
32	160000000000				
33	320000000000				
34	630000000000				
35	1250000000000				
36	2500000000000				
37	5000000000000				
38	10000000000000				
39	20000000000000				
40	40000000000000				
41	80000000000000				
42	160000000000000				
43	320000000000000				
44	630000000000000				
45	1250000000000000				
46	2500000000000000				
47	5000000000000000				
48	10000000000000000				
49	20000000000000000				
50	40000000000000000				
51	80000000000000000				
52	160000000000000000				
53	320000000000000000				
54	630000000000000000				
55	1250000000000000000				
56	2500000000000000000				
57	5000000000000000000				
58	10000000000000000000				
59	20000000000000000000				
60	40000000000000000000				
61	80000000000000000000				
62	160000000000000000000				
63	320000000000000000000				
64	630000000000000000000				
65	1250000000000000000000				
66	2500000000000000000000				
67	5000000000000000000000				
68	10000000000000000000000				
69	20000000000000000000000				
70	40000000000000000000000				
71	80000000000000000000000				
72	160000000000000000000000				
73	320000000000000000000000				
74	630000000000000000000000				
75	1250000000000000000000000				
76	2500000000000000000000000				
77	5000000000000000000000000				
78	10000000000000000000000000				
79	20000000000000000000000000				
80	40000000000000000000000000				
81	80000000000000000000000000				
82	160000000000000000000000000				
83	320000000000000000000000000				
84	630000000000000000000000000				
85	1250000000000000000000000000				
86	2500000000000000000000000000				
87	5000000000000000000000000000				
88	10000000000000000000000000000				
89	20000000000000000000000000000				
90	40000000000000000000000000000				
91	80000000000000000000000000000				
92	160000000000000000000000000000				
93	320000000000000000000000000000				
94	630000000000000000000000000000				
95	1250000000000000000000000000000				
96	2500000000000000000000000000000				
97	5000000000000000000000000000000				
98	10000000000000000000000000000000				
99	20000000000000000000000000000000				
100	40000000000000000000000000000000				

FRACCIONES DE GRASA, ARENA Y FINES DE MUESTRA ENSAYO			
Grasa (Muestra)	Gravimétrico	N° 1	
Gravimetría Control	Gravimétrico	N° 2	
Porcentaje de Grasa N° 20 - N° 1	(%)	100	

CLASIFICACIÓN DE SUELOS		DESCRIPCIÓN DEL SUELO	
USDA	USPS 0 400 00	US	limo predominantemente gravilimo
USDA	USPS 0 400 00	US	limo

GRAMA GRANULOMÉTRICA

OBSERVACIONES	
Muestra tomada e identificada por personal del SOLICITANTE. Las muestras de ensayo se ensayaron en seco.	
ENSAYOS REALIZADOS POR :	
Juan Torres, JE GEOTECNICOS TORRES E INGENIEROS S.A.S. AUC 38887019 Dirección: Calle San Agustín 284, Edif. No. 8 y 11 - San Martín de Porres El laboratorio se encuentra registrado ante el organismo competente. Teléfono: +51 2 940 339 / 056 363 147 Email: vtdiaz@geotecnicos.com Email: jgeotecnicos@gmail.com Web: proyectos@geotecnicos.com	

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

Informe N° : JM 2023 - 308
 Fecha de Emisión : 05/12/2023
 Certificado N° : LEM 02-02/388

PROYECTO : "BICARBÓN DE AGUAYMANTO Y MANZANA"

SOLICITANTE : LEYDI ANGELI CENTENO BALDEON

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : Bicarbón de Manzana

METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL PESO ESPECIFICO RELATIVO DE LAS PARTICULAS SOLIDAS DE UN SUELO NTP 339.131

DATOS	1	2	RESULTADO
TEMPERATURA TX (°C)	25	25	
MASA MATERIAL SECO A 105 °C (g)	50.4	50.0	
MASA PICONOMETRO + PDD (g)	641.2	660.7	
MASA PICONOMETRO + PDD + MAT. SECO (g)	533.8	554.9	
PESO ESPECIFICO TX (G _{se}) (g/cm ³)	0.9	0.9	
GRAVEDAD ESPECIFICA T20 °C (G ₂₀ G _{se}) (g/cm ³)	0.87	0.88	0.88

Diferencia de los ensayos : 0.01 Ensayo válido

Factores de correcciones a diferentes temperaturas.

T (°C)	Densidad relativa del agua (g/cm ³)	Factores de corrección K.
18	0.998244	1.0004
19	0.9984347	1.0002
20	0.9982343	1.0000
21	0.9980233	0.9998
22	0.9978019	0.9996
23	0.9975702	0.9993
24	0.9973286	0.9991
25	0.997077	0.9988
26	0.9968156	0.9986
27	0.9965451	0.9983
28	0.9962652	0.998
29	0.9959761	0.9977
30	0.995678	0.9974

Para el ensayo se tienen los siguientes valores de K.

K1 : 0.9988
 K2 : 0.9988

POROSIDAD EN SUELOS

DATOS	1	2	RESULTADO
MASA DE LA PROBETA (g)	129.66	140.14	
MASA DE LA PROBETA + SOLIDO (g)	166.64	167.26	
MASA DE LA PROBETA + SOLIDO + AGUA (g)	203.27	205.10	
VOLUMEN TOTAL DE LA MUESTRA (cm ³)	68.00	69.00	
DENSIDAD DEL SOLIDO (g/cm ³)	0.86	0.87	
POROSIDAD (%)	53.87	54.83	54.88

OBSERVACIONES

Muestra tomada e identificada por personal del SOLICITANTE

ENSAYOS REALIZADOS POR:

Ing. Jairo : JR GEOCONSULTORES E INGENIEROS S.R.L.

RUC: 20680782114

RENE SOTO

INGENIERO : Urb. Las Begonias 2da. Etapa Nro. 8 Lt. 16 - San Martín de Porres

Reg. DPM 13834

982 840 399 / 956 362 847

rd4io@jrgoconsultores.com

jrgoconsultores@gmail.com

proyectos@jrgoconsultores.pe

Anexo 14. Primera prueba de laboratorio



INFORME DE ENSAYO N°478-2023-RIVELAB/FQ

Emitido en Trujillo, el 12 de junio de 2023

Orden de Servicio : 170523AS
Nombre de Solicitante : **BRYAN ROBERT CHAMBI MMUÑOZ**
DNI : 70201675
Servicio Solicitado : Determinación de Arsénico y pH
Producto Declarado : AGUA SUPERFICIAL
Cantidad de Muestra : 01 frasco x 1000 ml
Tipo de envase : 01 envase de plástico con tapa rosca
Condiciones de muestra recibida : Temperatura: 6.7 °C.
Código de muestras : RG-A1
Procedencia de muestra (*) : RG-A: Río Grande – Huamachuco – Sánchez Carrión – La Libertad
Fecha de inicio de Ensayos : 17-05-2023
Fecha de término de Ensayos : 10-06-2023

(*) Toma de muestra realizada por el cliente

ENSAYOS FISICO QUIMICOS

CODIGO DE MUESTRA	pH	As (ppm) L.C.M. 0.0010
RG-A1	3.94	0.1385

ENSAYO	NORMA O REFERENCIA
Arsénico	EPA Method 200.8, Revision 3.4 Determination of trace elements in water and waste by Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry
pH	NTP 204 009 2015 CALIDAD DE AGUA. Determinación de pH en agua. Método electrónico


Dr. JOSE RIVERO CORCUERA
Ingeniero Químico
R. CIP. 130519



Anexo 15. Prueba de laboratorio de las muestras de aguas pasadas por el biocarbón



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 200



INFORME DE ENSAYO
N° 12004-23/AG/ LABSAF - SEDE CENTRAL

ITEM	1	2	3	4	5	6	
Código de Laboratorio	AG1920-SC-23	AG1921-SC-23	AG1922-SC-23	AG1923-SC-23	AG1924-SC-23	AG1925-SC-23	
Matriz Analizada	AGUA	AGUA	AGUA	AGUA	AGUA	AGUA	
Fecha de Muestreo	-	-	-	-	-	-	
Hora de Inicio de Muestreo (h)	03:30:00	03:30:00	03:30:00	06:30:00	06:30:00	06:30:00	
Condición de la muestra	PRESERVADA	PRESERVADA	PRESERVADA	PRESERVADA	PRESERVADA	PRESERVADA	
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente	MANZANA B1	MANZANA B2	MANZANA B3	MANZANA B1	MANZANA B2	MANZANA B3	
Ensayo	Unidad	LC	Resultados				
Metales Totales (**)							
Berilio (Be)	ug/L	-	0.00	0.00	0.00	0.00	
Vanadio (V)	ug/L	-	1.22	1.23	1.28	1.67	1.74
Cobalto (Co)	ug/L	-	0.09	0.09	0.09	0.21	0.21
Cobre (Cu)	ug/L	-	2.78	2.64	2.92	2.98	3.08
Arsenico (As)	ug/L	-	3.11	3.99	3.27	5.12	4.87
Selenio (Se)	ug/L	-	0.73	0.69	0.77	7.47	7.16
Estroncio (Sr)	ug/L	-	78.31	74.99	82.23	14.45	13.84
Plata (Ag)	ug/L	-	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05
Cadmio (Cd)	ug/L	-	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Talio (Tl)	ug/L	-	0.03	0.03	0.03	0.00	0.00
Plomo (Pb)	ug/L	-	0.33	0.31	0.35	0.11	0.11
Calcio (Ca)	ug/L	-	8,468.52	8,045.09	8,891.95	1,293.47	1,299.24
Metales Totales (**)							
Aluminio (Al)	ug/L	-	3.98	4.09	3.79	21.44	21.00
Cromo (Cr)	ug/L	-	0.51	0.52	0.5	0.62	0.64
Manganeso (Mn)	ug/L	-	4.3	4.27	4.37	0.75	0.76
Antimonio (Sb)	ug/L	-	1.28	1.23	1.34	1.59	1.64
Zinc (Zn)	ug/L	-	5.37	5.37	5.35	3.29	3.2
Bario (Ba)	ug/L	-	1.92	1.83	2.01	0.23	0.23
Mercurio (Hg)	ug/L	-	0.23	0.22	0.23	0.53	0.53
Hierro (Fe)	ug/L	-	52.81	51.35	51.98	74.7	72.33



Ministerio de Agricultura
Instituto Nacional de Innovación Agraria
Instituto Nacional de Acreditación y Control de Calidad
Instituto de Normas Técnicas



Red de Laboratorios de Suelos, Aguas y Follares
Acreditado con la Norma
NTP-ISO/IEC 17025:2017
Dirección: Av. La Molina 1811 - La Molina

Página 2 de 2
P-01 / Ver.02
www.inia.gob.pe



Instituto Nacional de Innovación Agraria

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACION INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 200



Región V.H. - 08

INFORME DE ENSAYO
N° 12004-23/AG/ LABSAF - SEDE CENTRAL

ITEM	7	8	9	10	11	12
Código de Laboratorio	AG1928-SC-23	AG1927-SC-23	AG1928-SC-23	AG1929-SC-23	AG1930-SC-23	AG1931-SC-23
Matriz Analizada	AGUA	AGUA	AGUA	AGUA	AGUA	AGUA
Fecha de Muestreo	-	-	-	-	-	-
Hora de Inicio de Muestreo (h)	09:30:00	09:30:00	09:30:00	12:30:00	12:30:00	12:30:00
Condición de la muestra	PRESERVADA	PRESERVADA	PRESERVADA	PRESERVADA	PRESERVADA	PRESERVADA
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente	MANZANA B1	MANZANA B2	MANZANA B3	MANZANA B1	MANZANA B2	MANZANA B3
Ensayo	Unidad	LC	Resultados			
Metales Totales (**)						
Berilio (Be)	ug/L	-	0.00	0.00	0.00	0.00
Vanadio (V)	ug/L	-	1.79	1.86	1.83	0.77
Cobalto (Co)	ug/L	-	0.11	0.11	0.11	0.18
Cobre (Cu)	ug/L	-	2.82	2.74	2.77	2.47
Arsénico (As)	ug/L	-	2.96	3.09	2.97	2.81
Selenio (Se)	ug/L	-	1.96	1.57	1.55	6.66
Estroncio (Sr)	ug/L	-	4.81	4.76	4.45	60.93
Plata (Ag)	ug/L	-	0.04	0.04	0.04	0.05
Cadmio (Cd)	ug/L	-	0.03	0.03	0.03	0.06
Talio (Tl)	ug/L	-	0.00	0.00	0.00	0.02
Plomo (Pb)	ug/L	-	0.03	0.03	0.03	0.07
Calcio (Ca)	ug/L	-	267.79	262.01	269.94	6,508.84
Metales Totales (**)						
Aluminio (Al)	ug/L	-	29.56	31.02	28.35	8.26
Cromo (Cr)	ug/L	-	0.56	0.56	0.6	0.21
Manganeso (Mn)	ug/L	-	2.2	2.25	2.25	2.3
Antimonio (Sb)	ug/L	-	1.93	1.98	2.01	1.26
Zinc (Zn)	ug/L	-	0.88	0.87	0.87	1.46
Bario (Ba)	ug/L	-	0.56	0.53	0.56	1.29
Mercurio (Hg)	ug/L	-	0.11	0.11	0.11	0.05
Hierro (Fe)	ug/L	-	73.41	71.7	70.34	48.21



Instituto acreditado por
el Organismo de Acreditación
INACAL - DA con el Registro
N° LE - 200



Red de Laboratorios de Suelos, Aguas y Follares
Acreditado con la Norma
NTP-6501EC-17026:2017

Dirección: Av. La Molina 1981 - La Molina

Página 3 de 3
P-08 / Vers.03
www.inia.gob.pe



Instituto Nacional de Innovación Agraria

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 200



Registro N° LE - 200

INFORME DE ENSAYO
N° 12004-23/AG/ LABSAF - SEDE CENTRAL

ITEM	13	14	15	16	17	18
Código de Laboratorio	AG1932-SC-23	AG1933-SC-23	AG1934-SC-23	AG1935-SC-23	AG1936-SC-23	AG1937-SC-23
Matriz Analizada	AGUA	AGUA	AGUA	AGUA	AGUA	AGUA
Fecha de Muestreo	-	-	-	-	-	-
Hora de Inicio de Muestreo (h)	03:30:00	03:30:00	03:30:00	06:30:00	06:30:00	06:30:00
Condición de la muestra	PRESERVADA	PRESERVADA	PRESERVADA	PRESERVADA	PRESERVADA	PRESERVADA
Código/identificación de la Muestra por el Cliente	AGUAYMANTO B1	AGUAYMANTO B2	AGUAYMANTO B3	AGUAYMANTO B1	AGUAYMANTO B2	AGUAYMANTO B3
Ensayo	Unidad	LC	Resultados			
Metales Totales (**)						
Berilio (Be)	ug/L	-	0.00	0.00	0.00	0.00
Vanadio (V)	ug/L	-	0.47	0.48	0.46	0.36
Cobalto (Co)	ug/L	-	0.31	0.3	0.3	0.03
Cobre (Cu)	ug/L	-	2.2	2.17	2.26	10.09
Arsénico (As)	ug/L	-	1.78	1.89	1.74	1.68
Selenio (Se)	ug/L	-	9.21	9.21	8.92	16.78
Estroncio (Sr)	ug/L	-	107.05	108.38	107.25	34.71
Plata (Ag)	ug/L	-	0.09	0.09	0.09	0.07
Cadmio (Cd)	ug/L	-	0.06	0.06	0.06	0.06
Talio (Tl)	ug/L	-	0.04	0.04	0.04	0.01
Plomo (Pb)	ug/L	-	0.48	0	0.48	0.2
Calcio (Ca)	ug/L	-	11,680.51	11,651.42	11,586.28	4,349.51
Metales Totales (**)						
Aluminio (Al)	ug/L	-	0.93	0.97	0.93	0.29
Cromo (Cr)	ug/L	-	1.31	1.26	1.27	1.58
Manganeso (Mn)	ug/L	-	15.48	14.72	15.27	4.81
Antimonio (Sb)	ug/L	-	1.06	1.08	1.03	0.29
Zinc (Zn)	ug/L	-	13.14	12.82	12.88	24.25
Bario (Ba)	ug/L	-	3.04	3.19	3.05	1.72
Mercurio (Hg)	ug/L	-	0.84	0.83	0.82	0.11
Hierro (Fe)	ug/L	-	146.2	152.52	151.26	132



Instituto Agrario del Perú
Laboratorio de Suelos, Aguas y Follajes
acreditado por
INACAL - DA
Registro N° LE - 200



INIA
Instituto Nacional de Innovación Agraria



Red de Laboratorios de Suelos, Aguas y Follajes
Acreditado con la Norma
NTP-ISO/IEC 17025:2017

Dirección: Av. La Molina 1991 - La Molina

Página 4 de 3
F-01 / Versión
www.inia.gob.pe



Instituto Nacional de Innovación Agraria

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 200



Registro N° LE - 200

INFORME DE ENSAYO
N° 12004-23/AG/ LABSAF - SEDE CENTRAL

ITEM	19	20	21	22	23	24
Código de Laboratorio	AG1938-SC-23	AG1939-SC-23	AG1940-SC-23	AG1941-SC-23	AG1942-SC-23	AG1943-SC-23
Matriz Analizada	AGUA	AGUA	AGUA	AGUA	AGUA	AGUA
Fecha de Muestreo	-	-	-	-	-	-
Hora de Inicio de Muestreo (h)	09:30:00	09:30:00	09:30:00	12:30:00	12:30:00	12:30:00
Condición de la muestra	PRESERVADA	PRESERVADA	PRESERVADA	PRESERVADA	PRESERVADA	PRESERVADA
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente	AGUAYMANTO B1	AGUAYMANTO B2	AGUAYMANTO B3	AGUAYMANTO B1	AGUAYMANTO B2	AGUAYMANTO B3
Ensayo	Unidad	LC	Resultados			
Metales Totales (**)						
Berilio (Be)	ug/L	-	0.00	0.00	0.00	0.00
Vanadio (V)	ug/L	-	0.59	0.56	0.62	0.43
Cobalto (Co)	ug/L	-	0.08	0.08	0.08	0.02
Cobre (Cu)	ug/L	-	3.74	3.61	3.58	4.57
Arsenico (As)	ug/L	-	1.09	2.03	1.97	1.14
Selenio (Se)	ug/L	-	0.12	0.12	0.13	8.56
Estroncio (Sr)	ug/L	-	23.23	24.82	22.65	36.94
Plata (Ag)	ug/L	-	0.11	0.11	0.11	0.05
Cadmio (Cd)	ug/L	-	0.04	0.04	0.04	0.01
Talio (Tl)	ug/L	-	0.00	0.00	0.00	0.00
Plomo (Pb)	ug/L	-	0.34	0.35	0.33	0.46
Calcio (Ca)	ug/L	-	2,587.22	2,405.11	2,603.62	4,072.24
Metales Totales (**)						
Aluminio (Al)	ug/L	-	1.33	1.35	1.33	0.1
Cromo (Cr)	ug/L	-	0.61	0.6	0.58	1.14
Manganeso (Mn)	ug/L	-	3.82	3.71	3.97	4.28
Antimonio (Sb)	ug/L	-	0.6	0.6	0.62	0.49
Zinc (Zn)	ug/L	-	6.67	6.65	6.51	7.21
Bario (Ba)	ug/L	-	6.33	6.33	6.31	6.42
Mercurio (Hg)	ug/L	-	0.14	0.14	0.14	0.31
Hierro (Fe)	ug/L	-	118.39	124.27	116.99	111.61



Instituto Nacional de Innovación Agraria
Laboratorio de Ensayo de Suelos, Aguas y Follajes
N° 12004-23/AG/ LABSAF - SEDE CENTRAL



Instituto Nacional de Innovación Agraria

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 200



Región VRA - 08

INFORME DE ENSAYO
N° 12004-23/AG/ LABSAF - SEDE CENTRAL

ITEM	25	26	27	28	29	30
Código de Laboratorio	AG1944-SC-23	AG1945-SC-23	AG1946-SC-23	AG1947-SC-23	AG1948-SC-23	AG1949-SC-23
Matriz Analizada	AGUA	AGUA	AGUA	AGUA	AGUA	AGUA
Fecha de Muestreo	-	-	-	-	-	-
Hora de Inicio de Muestreo (h)	03:30:00	03:30:00	03:30:00	06:30:00	06:30:00	06:30:00
Condición de la muestra	PRESERVADA	PRESERVADA	PRESERVADA	PRESERVADA	PRESERVADA	PRESERVADA
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente	MANZANA Y AGUAYMANTO B1	MANZANA Y AGUAYMANTO B2	MANZANA Y AGUAYMANTO B3	MANZANA Y AGUAYMANTO B1	MANZANA Y AGUAYMANTO B2	MANZANA Y AGUAYMANTO B3
Ensayo	Unidad	LC	Resultados			
Metales Totales (**)						
Berilio (Be)	ug/L	-	0.00	0.00	0.00	0.00
Vanadio (V)	ug/L	-	0.51	0.53	0.5	0.62
Cobalto (Co)	ug/L	-	0.00	0.00	0.00	0.03
Cobre (Cu)	ug/L	-	2.85	2.83	2.75	2.86
Arsénico (As)	ug/L	-	1.62	1.69	1.59	2.44
Selenio (Se)	ug/L	-	1.25	1.21	1.22	5.83
Estroncio (Sr)	ug/L	-	60.69	58.44	63.6	57.33
Plata (Ag)	ug/L	-	0.08	0.08	0.08	0.12
Cadmio (Cd)	ug/L	-	0.06	0.06	0.06	0.06
Talio (Tl)	ug/L	-	0.00	0.00	0.00	0.00
Plomo (Pb)	ug/L	-	0.36	0.36	0.36	0.38
Calcio (Ca)	ug/L	-	6,055.98	6,527.14	6,473.21	6,044.23
Metales Totales (**)						
Aluminio (Al)	ug/L	-	0.95	0.95	0.95	3.3
Cromo (Cr)	ug/L	-	0.76	0.76	0.77	0.90
Manganeso (Mn)	ug/L	-	4.88	4.76	5.07	5.55
Antimonio (Sb)	ug/L	-	1.06	1.04	1.08	1.23
Zinc (Zn)	ug/L	-	12.85	12.14	12.41	18.34
Bario (Ba)	ug/L	-	5.9	5.94	5.86	1.4
Mercurio (Hg)	ug/L	-	0.13	0.13	0.13	0.21
Hierro (Fe)	ug/L	-	141.32	144.38	148.05	155.71



Instituto acreditado por
el Organismo de Acreditación
INACAL - DA
con Registro N° LE - 200



Red de Laboratorios de Suelos, Aguas y Follajes
Acreditado con la Norma
NTP-ISO/IEC 17025:2017

Dirección: Av. La Molina 1981 - La Molina

Página 8 de 8
P.08 / Vers.03
www.inia.gob.pe



Instituto Nacional de Innovación Agraria

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 200



Región 04 - 200

INFORME DE ENSAYO N° 12004-23/AG/ LABSAF - SEDE CENTRAL

ITEM	31	32	33	34	35	36
Código de Laboratorio	AG1950-SC-23	AG1951-SC-23	AG1952-SC-23	AG1953-SC-23	AG1954-SC-23	AG1955-SC-23
Matriz Analizada	AGUA	AGUA	AGUA	AGUA	AGUA	AGUA
Fecha de Muestreo	-	-	-	-	-	-
Hora de Inicio de Muestreo (h)	09:30:00	09:30:00	09:30:00	12:30:00	12:30:00	12:30:00
Condición de la muestra	PRESERVADA	PRESERVADA	PRESERVADA	PRESERVADA	PRESERVADA	PRESERVADA
Código/identificación de la Muestra por el Cliente	MANZANA Y AGUAYMANTO B1	MANZANA Y AGUAYMANTO B2	MANZANA Y AGUAYMANTO B3	MANZANA Y AGUAYMANTO B1	MANZANA Y AGUAYMANTO B2	MANZANA Y AGUAYMANTO B3
Ensayo	Unidad	LC	Resultados			
Metales Totales (**)						
Berilio (Be)	ug/L	-	0.00	0.00	0.00	0.00
Vanadio (V)	ug/L	-	0.37	0.36	0.38	1.3
Cobalto (Co)	ug/L	-	0.18	0.18	0.18	0.02
Cobre (Cu)	ug/L	-	0.95	0.95	0.98	3.77
Arsenico (As)	ug/L	-	3.12	3.02	3.17	2.77
Selenio (Se)	ug/L	-	1.41	1.39	1.42	1.2
Estroncio (Sr)	ug/L	-	8.83	8.87	8.41	58.93
Plata (Ag)	ug/L	-	0.01	0.01	0.01	0.07
Cadmio (Cd)	ug/L	-	0.05	0.05	0.05	0.01
Talio (Tl)	ug/L	-	0.00	0.00	0.00	0.00
Plomo (Pb)	ug/L	-	0.51	0.53	0.52	0.12
Calcio (Ca)	ug/L	-	939.91	945.19	944.9	8,205.23
Metales Totales (**)						
Aluminio (Al)	ug/L	-	4.32	4.36	4.25	31.89
Cromo (Cr)	ug/L	-	0.54	0.56	0.56	1.27
Manganeso (Mn)	ug/L	-	0.19	0.19	0.19	4.87
Antimonio (Sb)	ug/L	-	1.33	1.35	1.27	1.53
Zinc (Zn)	ug/L	-	6.48	6.42	6.35	16.72
Bario (Ba)	ug/L	-	1.15	1.12	1.19	2.28
Mercurio (Hg)	ug/L	-	0.05	0.05	0.05	0.05
Hierro (Fe)	ug/L	-	74.57	76.9	77.4	153.41



Instituto Nacional de Acreditación y Control de Calidad
Organismo de Acreditación de la República del Perú
Calle: TILMANTAY 100000000



Instituto Nacional de Innovación Agraria



Red de Laboratorios de Suelos, Aguas y Follares
Acreditado con la Norma
NTP-ISO/IEC 17025:2017

Dirección: Av. La Molina 1991 - La Molina

Página 7 de 8
P-01 / Versión 03
www.inia.gob.pe

INFORME DE ENSAYO
N° 12004-23/AG/ LABSAF - SEDE CENTRAL

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM		37						
Código de Laboratorio		AG 1995-SC-23						
Matriz Analizada		AGUA						
Fecha de Muestreo		-						
Hora de Inicio de Muestreo (h)		03:30:00						
Condición de la muestra		PRESERVADA						
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente		NULA B1						
Ensayo		Unidad	LC	Resultados				
Metales Totales (**)								
Berilio (Be)	ug/L	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Vanadio (V)	ug/L	-	8.09					
Cobalto (Co)	ug/L	-	0.44					
Cobre (Cu)	ug/L	-	23.83					
Analítico (As)	ug/L	-	22.51					
Selenio (Se)	ug/L	-	0.42					
Estroncio (Sr)	ug/L	-	119.24					
Plata (Ag)	ug/L	-	0.3					
Cadmio (Cd)	ug/L	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Talio (Tl)	ug/L	-	0.02					
Plomo (Pb)	ug/L	-	1.72					
Calcio (Ca)	ug/L	-	32,106.74					
Metales Totales (**)								
Aluminio (Al)	ug/L	-	535.95					
Cromo (Cr)	ug/L	-	0.75					
Manganeso (Mn)	ug/L	-	675.52					
Antimonio (Sb)	ug/L	-	1.31					
Zinc (Zn)	ug/L	-	24.55					
Bario (Ba)	ug/L	-	38.4					
Mercurio (Hg)	ug/L	-	0.85					
Hierro (Fe)	ug/L	-	3,314.19					



Ministerio de Agricultura e Irrigación
INIA - Instituto Nacional de Innovación Agraria
Red de Laboratorios de Suelos, Aguas y Follares
NTP-ISO/IEC 17025:2017

PANEL FOTOGRAFICO.

PANEL FOTOGRÁFICO

A) ELABORACION DEL BIOCARBÓN



Figura 2. *Material de cascaras de manzana*



Figura 3. *Material de cascaras de aguaymanto.*



Figura 4. *Fuentes de aluminio.*



Figura 5. *Cascaras de manzana y aguaymanto en la fuente.*



Figura 6. *Material obtenido después del método de pirolisis.*



Figura 7. *Triturado del biocarbón.*



Figura 8. *Tamizado del biocarbón.*



Figura 9. Lavado y secado en la estufa.



Figura 10. Almacenamiento del material de biocarbón.

B) MEDICIONES DE LOS PARAMETROS DEL AGUA



Figura 11. Medición del pH.

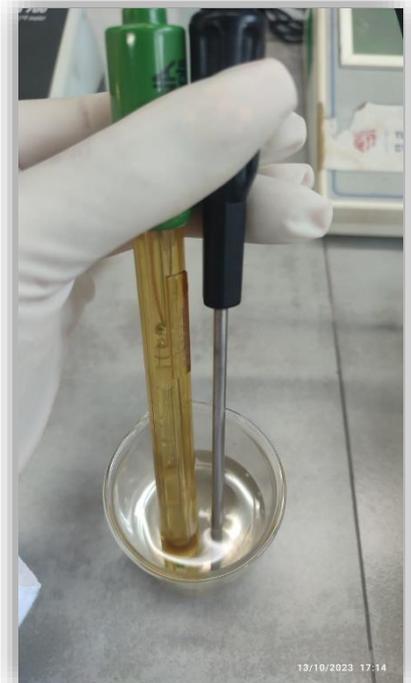




Figura 12. Medición de la conductividad eléctrica.

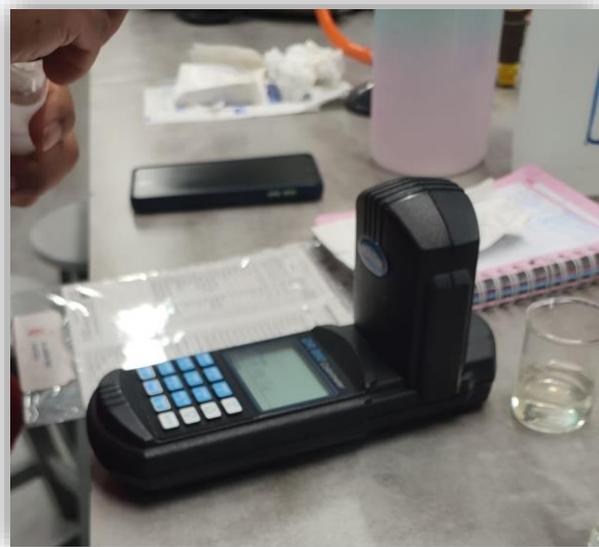


Figura 13. Medición de la turbidez.

C) ACTIVACIÓN DEL BIOCARBÓN



Figura 14. Pesaje para la activación.



Figura 15. Agua destilada 10 ml.

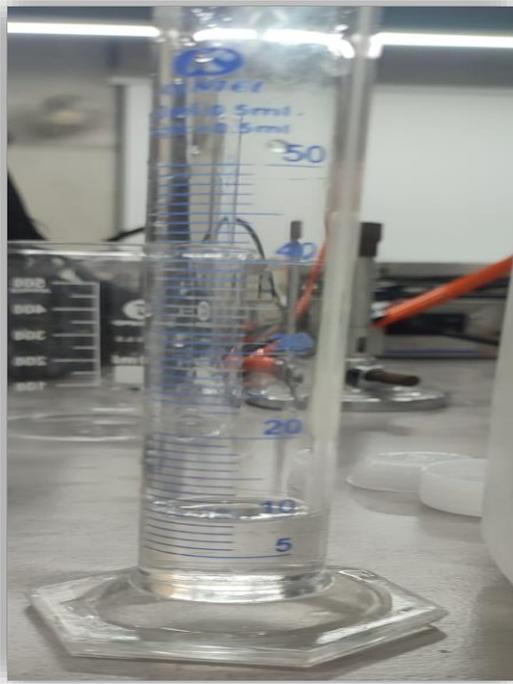


Figura 16. Etanol 10 ml.



Figura 17. Mezcla con los 5 gr de biocarbón.

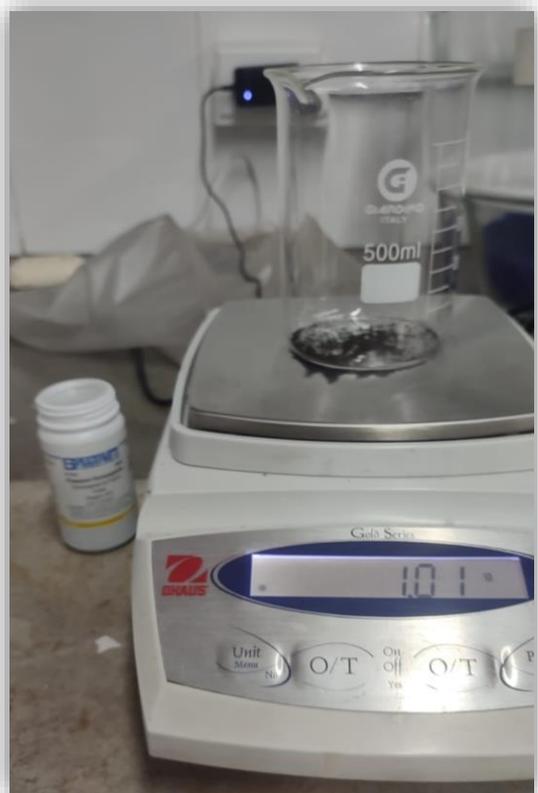
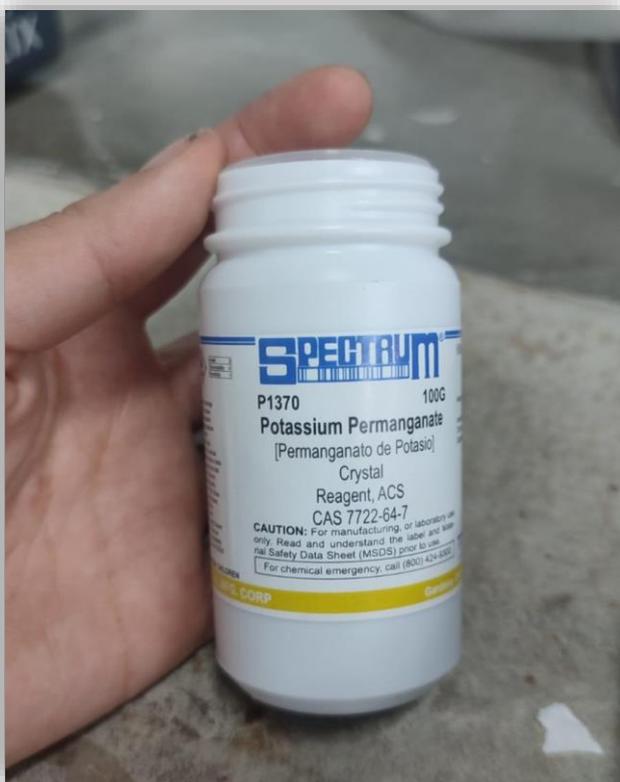


Figura 18. Preparación del KMnO_4 .



Figura 19. 1gr de $KMnO_4$ en 100 ml de agua destilada.



Figura 20. Se añadió 5 ml a la mezcla de biocarbón.

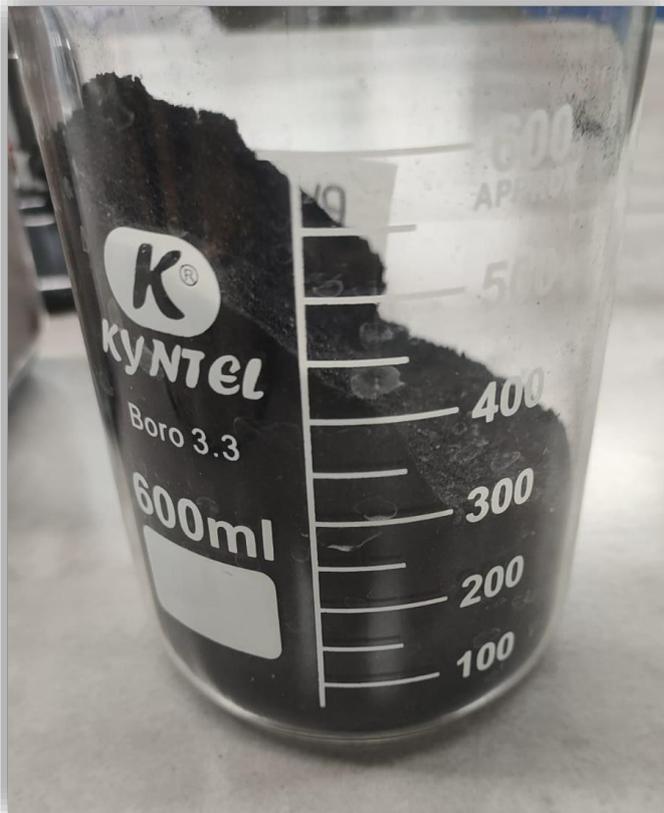


Figura 21. Se colocó en el agitador, se coló y se dejó secar por 48 h a temperatura ambiente.

A) TOMA DE MUESTRA DE AGUA DEL RIO GRANDE HUAMACHUCO



Figura 22. Toma de muestra de agua.



Figura 23. Almacenamiento de la muestra de agua.



Figura 24. Apuntes de los datos y rotulación de la muestra

A) PROCESO DE BIOFILTRO



Figura 25. Biofiltro de material acrílico.



Figura 26. Lavado del piedrin y arena silica.



Figura 27. Armado del biofiltro con el piedrín.



Figura 28. Armado del biofiltro con la arena silica.



Figura 29. Colocación del material de biocarbón.



Figura 30. Muestras Nulas.



Figura 31. Biofiltros con Biocarbón de manzana y aguaymanto.

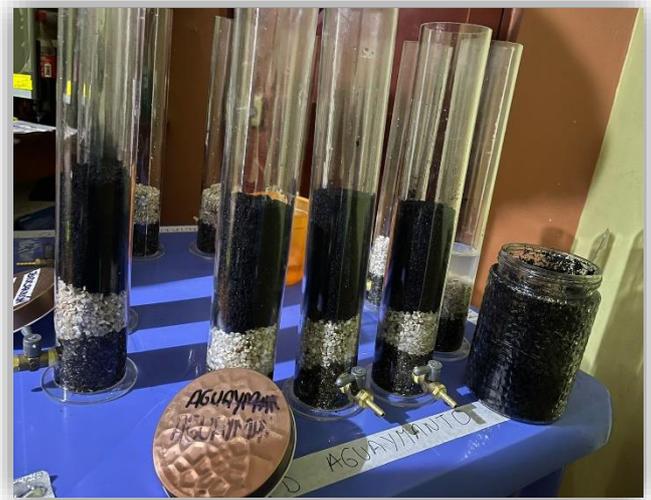


Figura 32. Biofiltros con Biocarbón de aguaymanto.



Figura 33. Biofiltros con Biocarbón de manzana.



Figura 34. Colocación de la muestra de agua.



Figura 35. Se colocó una muestra de 1 L por biofiltro.



Figura 36. Toma de las muestras de agua por cada 3h.