



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Efecto del agente activador y granulometría del carbón activado de *Musa paradisiaca* en adsorción de arsénico del río Chichircucho, 2019

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera ambiental

AUTORAS:

Alcántara Paucar, Zuren Dalia (ORCID: 0000-0002-7583-1381)

Casamayor Vilca, Yois Martha (ORCID: 0000-0002-9238-6566)

ASESOR:

MSc. Valderrama Ramos, Isidoro (ORCID: 0000-0003-4001-3255)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

TRUJILLO – PERÚ

2020

Dedicatoria

A Dios, porque me ha permitido llegar a esta etapa tan añorada de mi vida, que en el transcurso de ella hubo triunfos y momentos difíciles que me han dejado una gran lección para el futuro que se acerca, valorar lo que cada cosa por más pequeña que sea.

A mis padres José Alcántara e Ymelda Paucar, por darme la dicha de estar infinitamente orgullosa de ser su hija, gracias por ser mis modelos a seguir, caracterizándose por su perseverancia y lucha de salir adelante y mejorar cada día.

A mis hermanos Roger y Josimel, que fueron ese motor y apoyo en mi día a día y por todo el amor que me brindan.

Dalia Alcántara.

A Dios, por darme salud y permitirme desarrollar este proyecto tan importante en mi vida que dará inicio a mi desarrollo profesional.

A mis padres, Dario y Elena por su sacrificio, entrega y amor ya que son mi más grande motivación.

A mis hermanos Diana y Jimy quienes me orientaron y brindaron el ejemplo de perseverancia.

A mi Abuelito Juan quien fue un ejemplo de vida, por sus sabios consejos e inspiración para perseguir mis sueños.

A todos ellos mi amor infinito.

Yoís Casamayor

Agradecimiento

A Dios por darnos la vida y guiarnos cada día, por permitirnos entrar a la universidad y poner a las personas correctas para darnos las mejores lecciones de vida.

A la Universidad Privada César Vallejo y Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental, por todas las enseñanzas ofrecidas durante el transcurso de nuestra formación académica por medio de su plana pedagógica, las cuales nos dejan conocimientos y habilidades para desarrollarnos como profesionales competentes.

A nuestros asesores; MSc. Isidoro Valderrama R. y Dr. Medardo Quezada A. por su tiempo, dedicación, amabilidad y paciencia brindada, en el lapso del desarrollo de esta investigación, ya que con sus ideas e instrucciones se logró finalizar de manera eficiente nuestra tesis.

Al Ing. Félix Rivero, a los jefes de laboratorio de Moche Ing. Tamara V. Arévalo y MSc. Andrés Cueva por la confianza, orientación y apoyo ofrecido desinteresadamente durante toda la elaboración de nuestro trabajo.

Por último, a todas aquellas personas que participaron con su ayuda y respaldo en la culminación con éxito esta última etapa de nuestra vida universitaria.

Los autores

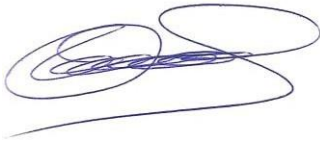
Página del Jurado

	ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS	Código: F07-PP-PR-02.02 Versión: 10 Fecha : 10-06-2019 Página : 1 de 1
---	---------------------------------------	---

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don (a) Casamayor Vilca Yois Martha, cuyo título es: *"Efecto del agente activador y granulometría del carbón activado de Musa paradisiaca en adsorción de arsénico del río Chichircucho, 2019"*.


Reunido en la fecha 31 de julio, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de: 17 (número) diecisiete (letras).

Trujillo, 06 de agosto del 2020



PRESIDENTE

Dr. Medardo Alberto Quezada Álvarez
Eustaquio



SECRETARIO

MSc. Walter Moreno



VOCAL

MSc. Isidoro Valderrama Ramos

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Nosotras, Zuren Dalia Alcántara Paucar con DNI N° 76317056 y Yois Martha Casamayor Vilca con DNI N° 70220358, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería y Arquitectura , Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, declaramos bajo juramento que la presente investigación titulada “Efecto del agente activador y granulometría del carbón activado de *Musa paradisiaca* en adsorción de arsénico del río Chichircucho, 2019” para la obtención del grado académico de Ingeniero(a) Ambiental es de nuestra autoría.

Así mismo, declaramos que los resultados, interpretación de los mismos y conclusiones planteadas que se presenta en la siguiente investigación son de carácter auténtico y verás; mencionando de igual forma que toda la información carece de plagio alguno, debido a que se ha respetado los derechos de propiedad al referenciar la procedencia y autoría de ideas, conceptos u otros aportes indicados en la investigación.

En tal sentido, asumimos con responsabilidad cualquier eventualidad que contrarreste lo declarado en los apartados anteriores, consciente de que el plagio y representación de documentación falsa, son objeto de sanciones tanto legales como universitarias según lo dispuesto por las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Trujillo, 03 de diciembre del 2019.



Zuren Dalia Alcántara Paucar

DNI: 76317056



Yois Martha Casamayor Vilca

DNI: 70220358

ÍNDICE

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Página del jurado	iv
Declaratoria de autenticidad.....	vi
Índice.....	vii
Resumen.....	viii
Abstract.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MÉTODO	11
2.1. Tipo y diseño de investigación	11
2.2. Operacionalización de variables.....	- 12 -
2.3. Población, muestra y muestreo.....	- 13 -
2.4. Técnica e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	- 14 -
2.5. Procedimiento	- 15 -
2.6. Método de análisis de datos	- 16 -
2.7. Aspectos éticos	- 16 -
III. RESULTADOS.....	- 16 -
3.1. Caracterización de agua del río Chichircucho.....	- 16 -
IV. DISCUSIÓN	- 21 -
V. CONCLUSIONES	- 24 -
VI. RECOMENDACIONES	- 25 -
REFERENCIAS.....	- 26 -
ANEXOS	- 33 -

RESUMEN

La actividad antropológica en la provincia de Sánchez Carrión se ha convertido en fuente puntual de contaminación del recurso agua (ríos) debido a los efluentes de minería y desagüe; existiendo deficiencia en el cumplimiento de normativas y el poco interés por las autoridades como de las empresas al no tomar medidas de mitigación para el problema; exponiendo la salud de las personas con la flora y fauna del lugar; debido a ello se pretende investigar alternativas limpias que permitan tratar esta contaminación por ende el presente estudio tuvo como finalidad elaborar un carbón activado con (ác. fosfórico) a partir de la cáscara de *Musa paradisiaca* en la adsorción de arsénico de las aguas del río Chichircucho. Con un diseño bifactorial, manipulando las variables de concentración porcentual de ácido fosfórico (35%, 55% y 85%) y la granulometría de carbón activado (0,15 – 0,425 y 0,85 mm). El método estadístico aplicado fueron Shapiro – Wilk, ANOVA y la prueba Post Hoc Tukey. En el análisis de medición de las concentraciones de As en las muestras de agua tomadas se usó el método de Espectrofotometría de absorción atómica. Finalmente se concluyó que el tratamiento con carbón activado al 85% de ácido fosfórico y con una granulometría de 0,85 mm, es el que obtuvo una mejor adsorción de arsénico (91%), reduciendo de una concentración inicial de 0.1575 ppm a 0.015 ppm de este contaminante cumpliendo los Estándares de Calidad Ambiental ECA-AGUA.

Palabras claves: *Carbón activado, Arsénico, Agente Activador.*

ABSTRACT

The anthropological activity in the province of Sánchez Carrión has become a point source of contamination of the water resource (rivers) due to mining and drainage effluents; There is a deficiency in compliance with the regulations and little interest in the authorities as well as companies in not taking mitigation measures for the problem; exposing the health of people with the flora and fauna of the place; due to this, we try to investigate clean alternatives that will seek to treat this contamination, so the present study had as an elaborate activated carbon with (phosphoric acid) from the shell of *Musa paradisiaca* in the adsorption of arsenic from the waters of the Chichircucho river. With a bifactorial design, manipulating the percentage concentration variables of ac. phosphoric (35%, 55% and 85%) and granulometry of activated carbon (0.15-0.425 and 0.85 mm). The statistical method applied were Shapiro - Wilk, ANOVA and the Post Hoc Tukey test. The atomic absorption spectrophotometry method was used in the measurement analysis of the As measurements in the water samples taken. Finally, it was concluded that the treatment with activated carbon at 85% of ac. phosphoric and with a granulometry of 0.85 mm, it is the one that obtained a better adsorption of arsenic (91%), reducing an initial concentration of 0.1575 ppm to 0.015 ppm of this pollutant complying with the ECA-AGUA Environmental Quality Standards.

Keywords: *Activated carbon, Arsenic, Activating Agent.*

I. INTRODUCCIÓN

“La temática del deterioro ambiental es uno de los problemas que ha centrado mayor atención entre las inquietudes que afectan actualmente a la humanidad” (Santiago, 2009, p.63). El agua, siendo un recurso vital para sobrevivir, se ha visto corrompida por la incrementación de empresas industriales, por la grave acción de arrojar desechos sólidos y líquidos en las diversas fuentes de agua y el incremento desproporcional de expansión de la población.

Las aguas contaminadas contienen diferentes tipos de metales pesados quienes representan la situación severa en la que se encuentra nuestro ambiente, a causa de la magnitud de toxicidad en el medio ambiente y la alta bioacumulación en los seres vivos por estos componentes. Incrementándose cada vez más la polución del recurso agua, debido a que estos elementos no son degradables de ninguna forma (Oré, Lavado y Bendezú, 2015, p.122).

Frente a esto en La Libertad, se han realizado estudios con respecto a la huella que deja los relaves mineros en los recursos naturales (agua y suelo) y en actividades de campo (agricultura y ganadería) donde la zona hídrica Crisnejas está siendo contaminada por vertimientos mineros. El responsable de la localidad, Luis Pizan Flores, declaró que los moradores del distrito de Huamachuco junto a sus comunidades aledañas consumen agua que contiene restos fecales y metales pesados procedentes del arrojamiento de residuos y vertido de efluentes mineros a los cuerpos de agua en la zona. El ONA realizó un primer monitoreo, donde los resultados indican que los cuerpos de agua están infestados de hierro (Fe), cadmio (Cd), cobalto (Co), cobre (Cu), arsénico (As), zinc (Zn) y manganeso (Mn), generando consecuencias graves a la salud. Se comprobó que en los ríos Chamís, El Suro, Chuyugual, la laguna de Huangacocha, Yamobamba en Sanagoran, El Toro, Grande en Huamachuco, y el río Chichircucho, hay existencia de arsénico (As), siendo los más afectados. Cabe destacar que a unos cuantos metros de distancia de dichos ríos desarrollan sus actividades las mineras Barrick, Misquichilca, Río Alto y La Arena (La República, 2014).

Mientras que la Organización Mundial de Salud informó sobre la contaminación ocasionada por arsénico en el agua, donde se demuestra la presencia de altas

concentraciones de este elemento, la cual es utilizada para beber en 12 distritos del Perú, esto revela una alarmante amenaza para la salud pública que debe afrontarse lo antes posible (George *et al*, 2014, p.570).

La conexión entre la contaminación y las infecciones en la salud es más notoria día a día. El agua empleada para consumo propio podría ser una fuente directa para adquirir diversas enfermedades causadas por fuentes microbiológicas y químicas, debido a ello se originan enfermedades hídricas por el hecho de consumir sin un control y sin tener en cuenta si cumple con los estándares que caracterizan al agua apta para el consumo humano (Vargas, 2005, p.118).

Si bien la minería ha contribuido en la economía y en el progreso de la sociedad del país, también ha logrado generar un gran impacto negativo en el medio ambiente, tanto en el recurso suelo y agua; desatando el deterioro y contaminación de estos. En Perú existen tanto mineras formales como informales, siendo la segunda que más daño causa.

Para Carmona, Cardona y Restrepo, (2017, p.51) el avance y desarrollo de una actividad minera conlleva siempre a la generación de impactos ambientales, ya sean positivos o negativos, donde se observa notoriamente el uso y el desgaste de recursos naturales que no se podrán recuperar ni a largo plazo, lo cual de manera concreta y firme nos da a entender que no se logra un resultado sostenible con el desarrollo de esta actividad.

Debido a esta problemática se presenta la importancia de investigar y desarrollar nuevas técnicas más sustentables y eficientes con el ambiente para reducir la contaminación presente en los medios acordes a las normativas ambientales; ya que la mayoría de tratamientos tradicionales son costosos y deficientes; una posible solución a este problema consiste en elaborar carbón activado a base de cubierta de plátano, aprovechando un residuo orgánico que se genera en cantidad considerable en nuestra ciudad de Trujillo, este método de tratamiento se considera viable como alternativa para tratar las aguas debido a su área, estructura y sus características para la adsorción de arsénico que pretendemos aplicar en el río Chichircucho.

Existen investigaciones y estudios realizados en los tratamientos de aguas con carbón activado según sus variables, claro ejemplo es el de **Caballero** (2012, p.VII-14-29) en su trabajo “Evaluación del uso de la cáscara del banano (*Musa AAA*) variedad williams para la remoción de arsénico en el agua para consumo humano”, tuvo la intención de evaluar la

eficiencia de la cobertura del plátano en el desarrollo de un filtro. Se realizaron pruebas a muestras de agua fabricadas a nivel de laboratorio con una concentración de arsénico (As) de 0.05 mg/l, y para la preparación del medio filtrante desecaron las pieles del plátano en una mufla a 105°C para luego triturarlas y hacer más pequeño su tamaño hasta tener polvo, para que facilite su disposición en el filtro. Logrando tener resultados exitosos, de hasta un 80% de remoción de arsénico de las muestras.

Según **Tejada et al** (2014, p.124-126-127-133-139) en el desarrollo de su trabajo “Estudio de modificación química y física de biomasa (*Citrus sinensis* y *Musa paradisiaca*) para la adsorción de metales pesados en solución”, quien evaluó el efecto de carbón activado, elaborado a partir de cáscaras de plátano y naranja, en la adsorción de Cr (VI) (solución de la muestra a 100 ppm), donde la biomasa se tamizó a granulometrías de (0,3 – 0,425 – 0,525 mm) y para la activación fue expuesta a temperaturas de 400°C para su incineración. Luego se activó en relación 1:1 de ácido fosfórico (H_3PO_4) al 85%, posteriormente se realizaron los lavados con agua destilada para eliminar algún residuo de ácido, y se realizó el secado a una temperatura de 60°C. Logrando una remoción de los iones de Cr (VI) de 66,6 y 93 ppm para las cáscaras de naranja y plátano respectivamente, también los carbones activados removieron 85 y 95 ppm, mientras que las biomásas modificadas con quitosano presentaron una adsorción 61,24 y 88,2 ppm; todos estos se dieron en las mejores condiciones que tuvo un tamaño de 0.425 mm a 180 rpm a temperatura ambiente, en una muestra de 300 ml. “Concluyendo que el tamaño de las partículas del material adsorbente sí influye en la adsorción debido a que tiene lugar fundamental en las paredes de las partículas”.

También, **Zamora** (2010, p.V) en su trabajo titulado “Obtención de carbón activado a partir de semillas, de dos palmeras de la Amazonía peruana, Shapaja (*Attalea phalarta*) y Aguaje (*Mauritia flexuosa*)” El autor se centró en realizar una obtención de carbón activado derivado de ambas semillas haciendo uso del método químico de activación con (H_3PO_4) a una concentración de 85% tomando en cuenta a la especie; tiempo de activación (90 y 120 mn) y granulometría (+16/-16/+100/-100). Luego de la evaluación y experimentación se determinó que la mejor calidad de carbón fue de la especie aguaje que se elaboró en un tiempo de activación de 120 mn y una granulometría de +16.

Con respecto a **Portilla** (2016, p.IX-41) en su trabajo “Tiempo de contacto de la cáscara de *Musa Sapientum* (plátano) y su tamaño de partícula sobre el pH y la adsorción de Pb y Zn

en las aguas residuales de laboratorios de análisis químico”, donde se dio tratamiento a las muestras de agua residual obtenidas haciendo uso de la cáscara de plátano, donde se logró experimentar la reducción considerable del nivel de las concentraciones iniciales de plomo y zinc. Finalizado el tratamiento, se concluye que la adsorción para plomo fue de 71.86% en una malla de 100 (0,147 mm) y de zinc 56.94%; mientras que en una malla de 200 (0,074 mm) fue superior el porcentaje de adsorción, teniendo para plomo un 86.64% y de zinc 65.79%.

Castro (2015, p.XVI-75-84) hizo un estudio “Uso de la cáscara de banano (*Musa paradisiaca*) maduro deshidratada (seca) como proceso de bioadsorción para la retención de metales pesados, Plomo y Cromo en aguas contaminadas”, para lo cual determinó la bioabsorbancia de Pb y Cr utilizando cáscara de banano para efectuar el tratamiento; evaluando variables como granulometría (0,85 – 0,4 y 0,25 mm) y medida (10, 15 y 20 g/L) de cáscara de plátano. Posteriormente se agregó a la solución preparada de 50 ppm de Cr y Pb, concluyendo que el tamaño de partícula de 0,25 mm (250 um) alcanza el porcentaje más alto logrando adsorber Pb en un 80%, mientras que para Cr se consiguió un 51.2%, dicho trabajo se realizó por un periodo de 48 horas.

Con respecto a **García et al (2015)** en su trabajo “Efecto del tamaño de partícula en la adsorción de Pb (II) utilizando olote de maíz”, este autor trabajó con olotes de maíz utilizándolos como medio para la adsorción de plomo, así como también aplicando distintas concentraciones y tamaños de partícula según la malla. Para el proceso se determinó un sistema, en el cual se usó un pH de 5 y T° de 25°C. Terminando el trabajo se identificó que la adsorción es mayor si se trabaja con malla n° 325 (<0,044 mm) ya que se obtuvo hasta un 90% de resultado favorable; por el contrario, para las mallas de 40 y 60 (0,425 – 0,25 mm) solo se obtuvo un 65% de adsorción.

Ricardo et al (2018, p.1-2-4) en su trabajo de investigación “Adsorción de plomo (Pb) de aguas contaminadas mediante cáscara de plátano (*Musa paradisiaca*)”, donde tuvo como objetivo evaluar la remoción Pb de aguas contaminadas utilizando biomasa, la cual fue se secó en estufa a 60°C por 24 horas, posteriormente, se trituró y tamizó. Para evaluar el tamaño (0,850 – 0,425 y 0,250 mm) y tiempo de contacto (30, 60 y 90 mn), preparándose una solución modelo cuya concentración inicial fue de 50 ppm, luego se agregó la materia a una proporción de 10% p/v y se dejó en agitación a 320 rpm. Obteniendo la mayor

remoción mediante el tamiz 0,250 mm a los 30 mn de contacto, con un nivel de remoción de Pb mayor al 98%.

en su investigación **Aguilar et al** (2016, p.2-4) sobre “Remoción de contaminantes presentes en aguas superficiales empleando carbón activado generado a partir de material de desecho agroindustrial”, tuvo el objetivo de realizar carbón activado a base de las cáscaras de plátano, la cascarilla de arroz y las pepas de zapote, mediante un proceso de activación química, utilizando al ácido fosfórico (H_3PO_4); las cantidades que usaron son (300 gr) del material precursor y (600 mL) del agente químico al 40%, en una relación de 1:2, con una granulometría de (1,6 mm). Concluyendo que la adsorción de arsénico con el carbón activado de la cáscara de plátano tuvo un rendimiento de 46%, mejor que las pepas de zapote (32%) y menos eficiente que cascarilla de arroz con un (84%) de rendimiento.

Por otro lado, **Solís et al** (2012, p.36-41) en su investigación “Obtención de carbón activado a partir de residuos agroindustriales y su evaluación en la adsorción de color del jugo de caña”, menciona que en su trabajo que preparó carbón activado de residuos agroindustriales (cáscara de naranja, cascarilla de café y bagazo de caña de azúcar), donde el proceso de calcinación del material residual fue realizado en una mufla a 600°C; mediante activación química con ácido fosfórico, usando concentraciones de (20, 40 y 85%), en un periodo de 16 horas y tiempo de 1 hora a 500°C. Logrando mayor rendimiento con la cáscara de naranja tratada con ácido fosfórico al 85% (56.5% de CA) seguido por el bagazo de caña al ser activado con ácido fosfórico al 40% (48.5% de CA).

En el trabajo sobre “Obtención de carbones activados a partir de semillas de eucalipto, por activación química con (H_3PO_4). Caracterización y evaluación de la capacidad de adsorción de fenol desde solución acuosa”, el autor **Rincón et al** (2014, p.207-209-216) indica que obtuvo carbón activado a partir de cáscara de semillas de eucalipto (*Eucalyptus globulus Labil*), por medio del método de activación química empleando el agente activador ácido fosfórico H_3PO_4 , a diferentes concentraciones (30 y 80%). Evaluándose la capacidad de adsorción de los sólidos con fenol desde la solución acuosa, donde se evidenció gran y mejor capacidad de adsorción por parte del carbón activado al 80% de ác. fosfórico o muestra CAE80.

Otro estudio es el de **Mendoza** (2018, p.11-26-42) quien evaluó el “Efecto de la granulometría y peso de cáscara de *Citrus sinensis* (naranja) en la remoción de plomo en

aguas de la laguna de Pias - Pataz, 2018”, esta investigación tuvo por objetivo lograr reducir la concentración de plomo de dicha fuente de agua, haciendo uso de la cáscara de naranja; donde trabajó con granulometrías de (0.250-0.400-0.841 mm) y pesos de (5 y 10 gr) en una muestra de 500 ml. Afirmando que tanto la granulometría y el peso de la cáscara de naranja si afectan considerablemente en el proceso de remoción de Pb, logrando un porcentaje de remoción de 91.55% de plomo a 0.841mm y 10gr de cáscara de naranja.

También **Baca** (2016, p.9) en su estudio “Efecto del polvo de cáscara de *Musa paradisiaca* en la remoción de cromo total de las aguas residuales de INVERSIONES HAROD S.A.C., Trujillo” el autor se enfocó en evaluar y reducir las concentraciones de cromo total por medio de la adsorción, teniendo como variables: la granulometría de 600 um y 420 um; pesos del polvo de la cáscara de plátano de 1, 3 y 5 gr y tiempo de contacto. De tal manera lograr determinar el mayor porcentaje y eficiencia de la misma. Por lo que se concluye que hubo una extracción de 97.81% en la partícula de tamaño 600um y 5 gr.

Se sabe que el arsénico se encuentra presente en aguas subterráneas y superficiales, siendo mucho más frecuente en las aguas subterráneas, debido a que el mineral que se encuentra en el subsuelo entra en contacto con el agua y termina por disolverse. (Sepúlveda, 2009, p.240). Por lo que este elemento está distribuido de manera considerable en todo el medio ambiente, existiendo diferentes especies arsenicales, y por ello su grado de toxicidad es variada, por lo que los inorgánicos son más dañinos que los orgánicos, y las sustancias trivalentes más tóxicas que las pentavalentes (Medina *et al*, 2018, p.93).

La exposición del hombre al arsénico ocurre mediante tres vías principales: por inhalación de aire, por ingestión de alimentos y agua, y por absorción dérmica. El arsénico (As) proviene de fuentes como el uso de pesticidas y herbicidas, minería y metalurgia, fundición y refinación de metales, uso de combustibles fósiles, uso de medicamentos y remedios, ingesta de agua contaminada y alimentos. La principal forma de exposición no ocupacional al arsénico es a través de alimentos y agua (Medina *et al*, 2018, p.95).

El principal riesgo a la exposición al As es la falta de servicios públicos como la red de abastecimiento de agua, drenaje y alcantarillado también el uso de agua de pozos, Al exponerse el ser humano al arsénico (As), a través de los alimentos y el agua de consumo, incrementa el riesgo de padecer enfermedades como cáncer, diabetes e hipertensión arterial, y otras más enfermedades (Monroy y Espinoza, 2018, p.148).

Una causa de incorporación de los metales pesados a la población es a través del consumo de alimentos e inhalación. Los estudios e inversiones resaltan interés y preocupación en el mundo sobre la necesidad de evaluar la contaminación de metales pesados en sistemas de agua que interactúan con productos que consume el ser humano tanto de origen vegetal y animal; siendo el arsénico uno de los cuatro elementos que debido a su concentración y el impacto que puede causar en la salud debe ser monitoreado y evaluado de manera muy rigurosa y cuidadosa. (Reyes *et al*, 2016, p.68).

Para el desarrollo del proceso de nuestra investigación utilizaremos carbón activo de la cubierta de plátano, siendo un desecho muy abundante debido a que el fruto se da en gran cantidad en el norte y parte selva del Perú. El usarlo como materia para generar carbón activado es ventajoso debido a lo económico que es su obtención y transporte.

El plátano es considerado fuente de lignocelulosa, haciéndose ideal para un uso como materia prima; además, contiene aproximadamente un 61.1% de celulosa, un 15.7% de lignina y un 23% de minerales y hemicelulosa (Mazzeo, 2010, p.130).

Además, la estructura de la lignina difiere con la de los otros polímeros naturales tales como celulosa y proteínas, debido a la complejidad que afecta su aislamiento, análisis de la composición, y la caracterización estructural; la lignina se asocia con la naturaleza de sus múltiples unidades estructurales, las cuales no suelen repetirse de forma regular, dado que la composición y estructura de la lignina varían dependiendo de su origen y el método de extracción o aislamiento utilizado (Lu, F. y Ralph, J. 2010, p.168).

La adsorción, para (Idriss, 2012, p.32-33) la define como el incremento de la concentración de uno de los componentes en fase líquida (adsorbato) sobre la superficie de un sólido (adsorbente). No existe penetración de las sustancias adsorbidas en el núcleo del adsorbente, debido a que es un fenómeno superficial; todo lo contrario, sucede en la absorción, donde si ocurre una penetración de dichas sustancias que son absorbidas. El proceso de adsorción es el resultado de dos fuerzas, siendo la primera de atracción hacia el área del sólido y la otra de repulsión.

Actualmente el carbón activado puede ser el más famoso y/o conocido de todos los adsorbentes que existen, gracias a su versatilidad y a las diferentes masas orgánicas que son aptas para su preparación. Sabiendo que su efectividad depende de las condiciones en que se produzca la adsorción. Por lo que su transcendencia cada vez es mayor, debido al

uso del carbón activado tanto en industrias, mineras y plantas de tratamiento de aguas (Contreras *et al*, 1992, p.52-53).

Mediante un control adecuado de las condiciones de impregnación, que intervienen al llevar a cabo la adsorción tenemos, a las variables de tiempo de contacto y temperatura de activación, el pH, porosidad, granulometría de la partícula, o presencia de otras sustancias o iones, los cuales influirán de manera positiva afectando al fenómeno de adsorción, logrando una buena capacidad adsorbente (Peralta *et al*, 2008, p.221). El aumento o disminución de la captación de iones metálicos dependerá de los parámetros mencionados.

En la etapa de adsorción intervienen dos fases, una líquida y una sólida (biomasa y agua respectivamente), conteniendo al elemento de interés disuelto, la cual será adsorbida (los iones de metal pesado arsénico según nuestro trabajo). Para obtener un resultado favorable al desarrollar el proceso de adsorción, Tejada afirma que debe existir una complicidad entre ambos grupos funcionales, donde este último tiene que ser atraído hacia el carbón para enlazarse por distintos mecanismos (Tejada *et al*, 2015, pp.112).

Por otro lado, existen solo dos tipos de adsorción, dependiendo de los enlaces que exista entre el adsorbato y el adsorbente; tenemos a la quimisorción o también llamada adsorción física y la fisorción o adsorción química. El autor define a la quimisorción como la acción de un enlace que se da entre el adsorbato y adsorbente debido a las interacciones químicas, siendo considerablemente fuerte (Betancur, 2012, p.5). Por otro lado, en la fisorción participan las fuerzas de Van der Waals que hacen posible la vinculación de las moléculas al sólido, durante dicho proceso la estructura de las moléculas no es afectada, siendo sus enlaces más débiles entre el adsorbato y el adsorbente (Gómez, Wolfgang y Rincón, 2010, p.26).

Respaldando al autor anterior, (Sevillano y Torres, 2013, p.10) la fisorción viene a ser la más común con referencia al carbón activado, no existiendo un intercambio de electrones entre el adsorbente y el adsorbato, dando la oportunidad de ser posible la reversibilidad del proceso; mientras que la menos usual es la quimisorción, por lo que existe la posibilidad de ser irreversible a causa de que se originan modificaciones de las estructuras químicas tanto del adsorbato y del adsorbente.

Se ha probado la eficiencia de los materiales naturales (carbón activado) como adsorbente en la eliminación de diferentes contaminantes ya sean inorgánicos (metales pesados y

colorantes) e inorgánicos presentes en medios acuosos, dando lugar así a la exploración para la adsorción de contaminantes a partir del uso de especies vegetales (Valladares *et al*, 2017, p.66-67).

Según (Idriss, 2012, p.17) el carbón activado se obtiene de un proceso muy examinado y controlado de deshidratación y oxidación de sustancias orgánicas. Lo que permite mejorar y aumentar el área superficial del material es el proceso de activación, haciendo posible la preparación de un carbón con una gran capacidad de adsorción.

El proceso de activación trata prácticamente en “multiplicar” la cantidad existente de poros de un carbón activado obteniendo como resultado una extremadamente estructura porosa con una gran área superficial, la cual se encarga de realizar la adsorción. Existen diferentes métodos de activación del carbón; en el proceso físico, con la carbonización realizada se desarrolla la oxidación de la materia prima. En este tipo de proceso se utiliza temperaturas de activación de 800°C, usando principalmente vapor de agua como agente activante. Y el proceso químico, consiste en deshidratar el material precursor con el agente químico activante en una atmósfera aislada. Pueden usarse sustancias como: ácido fosfórico (H_3PO_4), sulfuros, cloruros de zinc, ácido sulfúrico, entre otros agentes (Sevillano *et al*, 2013, p. 7).

El carbón activado se caracteriza por su gran distribución de poro y forma; según su porosidad se clasifica en: microporosos, mesoporosos y macroporosos; existen casos donde presenta una estructura mixta, llamada micromesoporosa (Vidal *et al*, 2018, p.411). A pesar de ellos, no hay un manejo fijo en las variables con respecto a las propiedades del carbón. Nuestro estudio hace referencia a un carbón activado orgánico.

En tal sentido el desarrollo del proyecto se basa en estudiar: ¿Afecta la concentración del agente activador y granulometría del carbón activado a partir de *Musa paradisiaca* (plátano) en la adsorción de arsénico presente en las aguas del río Chichircucho?

Con esta investigación se pretende ayudar y contribuir con la población dándole una alternativa sostenible, eficiente, amigable con el medio ambiente y sobre todo factible económicamente.

La problemática de contaminantes (metales pesados) en el agua causa efectos negativos en el bienestar de las personas y el medio; así como también el daño irreversible en la flora y fauna; por ello con el desarrollo de la investigación se pretende hacerle frente a la realidad

y disminuir por medio de la adsorción al arsénico presente en las aguas del río Chichircucho utilizando carbón activado a partir del residuo orgánico *Musa paradisiaca* (plátano).

La idea también pretende transmitir la importancia de valorización a los residuos orgánicos (en nuestro caso el plátano), que por falta de iniciativa o desconocimiento sobre sus propiedades adsorptivas no son aprovechados en su totalidad, pese a que hay gran cantidad y un fácil acceso a ellos.

Con la intención y meta de impulsar a que las futuras generaciones se animen y apuesten a desarrollar su capacidad y creatividad implementando métodos innovadores y viables, así mismo mejorar estos estudios de investigación logrando hacerlos más conocidos, alcanzando la meta de mitigar la contaminación del medio ambiente, dándole enfoques sostenibles y sustentables a las nuevas alternativas reforzando así la toma de conciencia ambiental.

Por ende, durante la realización de la investigación se pretendió determinar el efecto de la concentración del agente activador y granulometría del carbón activado a partir de la cáscara de *Musa paradisiaca* (plátano) en la adsorción de arsénico en las aguas del río Chichircucho; así mismo, se determinó la mejor concentración del agente activador en el tratamiento de carbón de cáscara de *Musa paradisiaca* (plátano) que nos permita obtener el mayor porcentaje de adsorción de arsénico en las aguas del río Chichircucho; y según las variedades se determinó la mejor granulometría de carbón activado de cáscara de *Musa paradisiaca* (plátano) para obtener el mayor porcentaje de adsorción de arsénico presente en las aguas del río Chichircucho; finalmente se comparó los resultados de agua tratada con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA – agua) para riego del Decreto Supremo N°004-2017-MINAM.

Debido a ellos se planteó la siguiente hipótesis:

H0: Sí afecta la concentración del agente activador (Ac. Fosfórico) y granulometría del carbón activado a partir de la cáscara de *Musa paradisiaca* (plátano) en la adsorción de arsénico presente en las aguas del río Chichircucho.

H1: No afecta la concentración del agente activador (Ac. Fosfórico) y la granulometría del carbón activado a partir de la cáscara de *Musa paradisiaca* (plátano) en la adsorción de arsénico presente en las aguas del río Chichircucho

II. MÉTODO

2.1. Tipo y diseño de investigación

El presente proyecto de investigación tuvo una finalidad aplicativa con diseño experimental bifactorial (3x3) a causa de la manipulación de las variables independientes como la concentración del agente activador (H_3PO_4) y la granulometría de carbón activado producido por la cáscara de *Musa paradisiaca* (plátano) para la adsorción de arsénico del agua recolectada del río Chichircucho.

G_1	G_2	G_3
-------	-------	-------

VARIABLE (CONCENTRACIÓN)

C_1	C_2	C_3
-------	-------	-------

VARIABLE (GRANULOMETRÍA)

Tabla N°1: Relación de las variables independientes.

CONCENTRACIÓN	GRANULOMETRÍA			Total de combinaciones	Número de repeticiones
	G_1	G_2	G_3		
C_1	G_1C_1	G_2C_1	G_3C_1	3	3
C_2	G_1C_2	G_2C_2	G_3C_2	3	
C_3	G_1C_3	G_2C_3	G_3C_3	3	
Total de combinaciones	3	3	3	9	

Fuente: Elaboración propia.

Dónde:

G = Granulometría (mm)

- G_1 = Granulometría 0.85 mm
- G_2 = Granulometría 0.425 mm
- G_3 = Granulometría 0.15 mm

C = Concentración (%)

- C_1 = concentración a 35 %
- C_2 = concentración a 55 %
- C_3 = concentración a 85 %

La investigación presentó un diseño bifactorial de 3x3, con 9 tratamientos, realizándose 3 repeticiones para un total de 27 pruebas. Donde el volumen para cada análisis fue de 500 ml del agua del río Chichircucho.

2.2. Operacionalización de variables

Tabla N° 2: Operacionalización de variables

TIPO DE VARIABLE	VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADOR
Independiente	Concentración del agente activador (H_3PO_4)	Agente activador (H_3PO_4): Actúa como agente quelante. El ácido fosfórico es utilizado en la activación química del carbón activado, generando diversos grados de activación.	Se prepararán tres soluciones a diferentes porcentajes (%) de concentración del agente activador.	Porcentaje (%)
	Granulometría de la cáscara de <i>Musa paradisiaca</i> (plátano)	Granulometría: Son los tamaños de las partículas de una materia y se determina con tamices.	Se estudiarán tres tamaños de carbón producto de cáscara de <i>Musa Paradisiaca</i> (plátano), a través de tamices. Según <i>ASTM (2007)</i>	Tamaño de partícula (mm)
Dependiente	Adsorción de arsénico (As)	Adsorción: Comprende el porcentaje de arsénico total adsorbido, teniendo en cuenta la concentración inicial y final.	Espectrofotometría por Absorción atómica, aplicando: $\frac{[As]_{ini.} - [As]_{final}}{([As])_{ini.}} \times 100$	Adsorción

Fuente: Elaboración propia.

2.3. Población, muestra y muestreo

- Población

Se conformó en el agua del río Chichicucho zona 17, el volumen presente desde el punto 819578 E; 9130965 N hasta el punto 819776 E; 9131605 N; constando una longitud de 1200 metros en la provincia de Sánchez Carrión en el 2019.



Figura 1: Identificación de la población.

Fuente: Google Earth.

- Muestra

La muestra se obtuvo por el muestreo aleatorio simple, según el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales (Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA); tomándose 4 puntos, donde se muestreó 5 litros de agua, que fueron cada 300 metros la distancia de punto a punto; finalmente se combinó todas formando así una sola muestra con un volumen de 20 litros.



Figura 2: Puntos de la muestra.

Fuente: Google Earth

Tabla N° 3: Puntos de muestreo del río Chichircucho.

PUNTOS DE MUESTREO	COORDENADAS UTM	
	ESTE (m E)	NORTE (m S)
Punto A	819578.00	9130965
Punto B	819520.00	9131507
Punto C	819499.00	9130710
Punto D	819776.00	9131605

Fuente: Elaboración propia.

2.4. Técnica e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Sobre la recolección de los datos en el río Chichircucho se utilizó instrumentos de medición para los parámetros fisicoquímicos según indica el “Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales (Resolución Jefatural N°010-2016-ANA)” (Ver anexo N°2). Se realizó el análisis de documentos, observación directa en el lugar para lograr obtener datos veraces en el desarrollo del proyecto.

Tabla N°4: Parámetros fisicoquímicos del río Chichircucho.

PARÁMETRO	MÉTODO	INSTRUMENTO
PH	Potenciometría	pH-Metro (D01-006571)
TEMPERATURA	Termómetro	Termómetro
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	Conductimetría	Conductímetro (D01-006569)
ARSÈNICO (As)	Espectrofotometría	espectrofotómetro

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°5: Técnica de recolección de datos.

TÉCNICA	INSTRUMENTO
OBSERVACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> ● Identificación del río Chichircucho con problemas de contaminación. ● Cámara ● Libreta de campo ● Ficha técnica

Fuente: Elaboración propia.

Validez y confiabilidad

A fin de validar y confiar en los análisis del estudio se pretende realizar en un laboratorio acreditado por INACAL.

Ley N°30224, “Ley que crea el Sistema Nacional para la Calidad y el Instituto Nacional de Calidad”, con el fin de que los laboratorios cumplan en la certificación para la calidad de los resultados solicitados. Los equipos utilizados están respectivamente calibrados para así obtener datos correctos.

2.5. Procedimiento

El carbón activado

Para la obtención del carbón activado, se desarrolló el método similar al de Vidal (2018)”, el material de inicio que se usó es la cáscara de plátano, para lo cual se realizó cortes medianos, y dependiendo de las condiciones del entorno, se deshidrató la cáscara a 80°C por un periodo de 12 horas en la estufa; luego de ello, se pasó a la mufla donde se incineró el material a 280 °C por un lapso de 2 horas. Posteriormente a ello, se activó lo obtenido con la adición de ácido fosfórico (H_3PO_4) a concentraciones de 35%, 55% y 85%, respectivamente, teniendo 1:2 como relación (por cada gramo de carbón 2 mL de ácido fosfórico), tratando que todo esté homogenizado. Posterior a ello, las mezclas obtenidas de carbón ingresaron a una mufla para ser nuevamente incineradas a 250 °C, en esta ocasión se dejó aproximadamente por 24 horas. Luego se procedió a eliminar de lo obtenido los residuos de (H_3PO_4) para tener un pH neutro en las muestras a través del lavado con agua destilada. Paso a secarse el carbón activado por 6 horas a una temperatura de 40°C en una estufa para que no adsorba ningún residuo, para luego tritararlo, y finalmente tamizarlo en mallas de (0,15 – 0,425 y 0,85 mm).

Tratamiento

Se realizó la adsorción con el carbón activado obtenido de la cáscara de *Musa Paradisiaca* (plátano), en lo cual los ensayos de adsorción de arsénico se realizarán por el método de Test de Jarras en cada caso se utilizó 0.1 gr de carbón activado en contacto con 500 ml de muestra, con una temperatura ambiente a 50 rpm por 10 minutos para realizar una mezcla uniforme, seguidamente se colocó al equipo a 300 rpm por un periodo de 150 minutos para que se realice la adsorción. Posteriormente, ya finalizada la etapa de adsorción las fases presentadas serán separadas por filtración y finalmente se analizarán las muestras por espectrofotometría de absorción atómica.

2.6. Método de análisis de datos

El método que permitió afirmar si se presenta o no diferencias entre los resultados obtenidos, e incluso si hay inconsistencias, es el análisis de varianza (ANOVA o ANVAR), a ello se le complementó con la prueba Post Hoc TUKEY.

La prueba de Tukey permite hacer todas las posibles comparaciones de tratamientos de dos en dos, y por eso se considera la más completa de las tres pruebas aquí descritas. (WU *et al*, 2000).

2.7. Aspectos éticos

En la investigación se respetó las citas bibliográficas y la norma ISO 690, además de tomar en cuenta las consideraciones impuestas en la Universidad César Vallejo – Trujillo; Así como la información presentada es auténtica y veraz referente al proyecto de investigación.

III. RESULTADOS

3.1. Caracterización de agua del río Chichircucho

Tabla N° 6: Características de la muestra

VOLÚMEN	TEMPERATURA	PH	CONDUCTIVIDAD	ARSÉNICO (As)
LITROS	°C		uS	mg/l
5	13	4	2400	0.1575
5	13	4		
5	13	4		
5	14	5		

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N°6 se observan los parámetros analizados para la muestra de agua del río Chichircucho medidos en cada punto, presentando los siguientes resultados, un pH de 4, y una temperatura de 13°C; la conductividad se midió en el Laboratorio de Biotecnología a las 24 horas de haberse tomado la muestra; así mismo se resalta que dichos parámetros no cumplen los valores establecidos por los Estándares de calidad ambiental (ECA) para agua. Decreto supremo N°004 – 2017 – MINAM lo que indica una presencia de contaminación. La determinación inicial de arsénico (As) se realizó con el método de Espectrofotometría de absorción atómica en el (anexo 5).

Tabla N° 7: Resultados después de cada tratamiento.

PROMEDIO DE LOS TRATAMIENTOS			
(%) DE AGENTE ACTIVADOR	GRANULOMETRÍA (mm)		
	0.15mm	0.425mm	0.85mm
35%	0.084	0.057	0.049
55%	0.062	0.046	0.028
85%	0.041	0.025	0.015

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N°7 se muestran los resultados de los análisis en el agua de río después de cada tratamiento en función a las variables de granulometría y al agente activador, se observa que la combinación de una granulometría de 0.85 mm junto al porcentaje del agente activador de 85% lograron la mayor reducción de la concentración de arsénico (As) a 0.015 ppm a diferencia de la combinación de 0.15 mm junto al porcentaje del agente activador de 35% que tan solo lograron una reducción a 0.084 ppm.

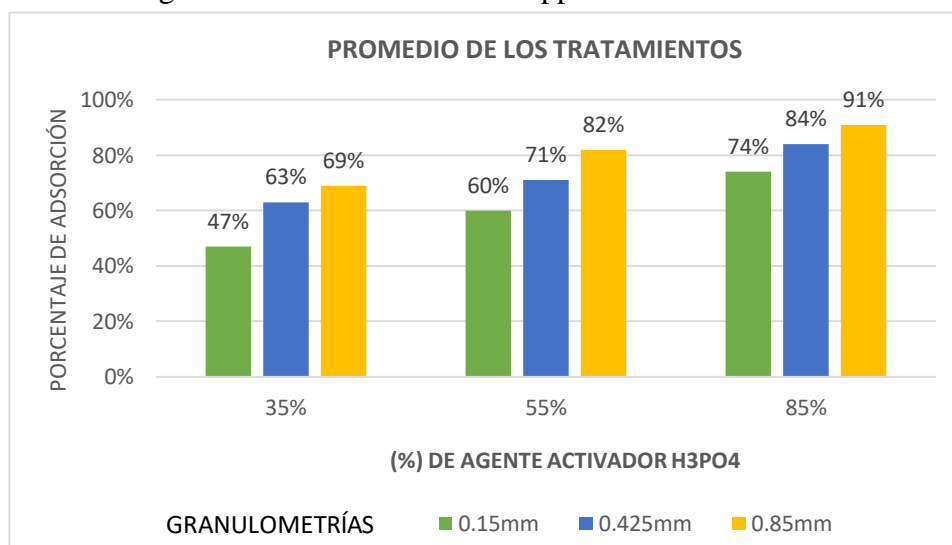


Figura N°3: Promedio de los tratamientos realizados.

Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico N°3 muestra los porcentajes de adsorción de arsénico (As) en función a las variables de granulometría y al agente activador. Se observa que la combinación de una granulometría de 0.85 mm y el porcentaje de agente activador a 85% lograron una extracción máxima de 91% de arsénico (As).

Para verificar estadísticamente los datos usamos la prueba de normalidad con el método de Shapiro-Wilk, ya que se trabajó con una muestra menor a 50 datos.

Tabla N° 8: Normalidad para el Agente activador (H_3PO_4).

PORCENTAJE DE ADSORCIÓN	AGENTE ACTIVADOR (H_3PO_4)	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
	35%	,947	9	,652
	55%	,933	9	,508
	85%	,954	9	,729

Fuente: IBM SPSS STATISTICS V 24.

Ho: Los valores de la adsorción de arsénico (As) por el porcentaje del agente activador siguen una distribución normal.

Hi: Los valores de la adsorción de arsénico (As) por el porcentaje del agente activador no siguen una distribución normal.

Se analiza el valor $P > 0.05$ (sig.); debido a que en los resultados la significancia es mayor se acepta Ho con una confiabilidad de 95% indicando que los datos según el porcentaje del agente activador siguen una distribución normal.

Tabla N°9: Normalidad para la Granulometría del carbón.

PORCENTAJE DE ADSORCIÓN	GRANULOMETRÍA (mm)	Shapiro –Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
	0.15 mm	,981	9	,969
	0.425 mm	,933	9	,510
	0.85 mm	,946	9	,646

Fuente: IBM SPSS STATISTICS V 24.

Ho: Los valores de la adsorción de arsénico (As) por la granulometría siguen una distribución normal.

Hi: Los valores de la adsorción de arsénico (As) por la granulometría no siguen una distribución normal.

Se analiza el valor $P > 0.05$ (sig.); debido a que en los resultados la significancia es mayor se acepta Ho con una confiabilidad de 95% indicando que los datos según su granulometría

siguen una distribución normal. Por otro lado, también se realizó la prueba de Homogeneidad, Anexo (Nº4); Donde se formaron las hipótesis de:

Ho: Las varianzas son Homogéneas.

Hi: las varianzas no son Homogéneas

Se analiza el valor $P > 0.05$; debido a que en los resultados la significancia es mayor se acepta Ho con una confiabilidad de 95% indicando que las varianzas son homogéneas.

Se realizó la prueba ANVA o también conocida como ANOVA para determinar si existe alguna diferencia entre tratamientos.

Tabla N°10: Prueba de ANVA o ANOVA.

Variable dependiente: PORCENTAJE DE ADSORCIÓN					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	4417,639 ^a	8	552,205	30,585	,000
Intersección	137,483,118	1	137,483,118	7,614,788	,000
AGENTE ACTIVADOR	2,461,277	2	1,230,639	68,161	,000
GRANULOMETRÍA	1,890,114	2	945,057	52,344	,000
AGENTE ACTIVADOR * GRANULOMETRÍA	66,247	4	16,562	,917	,475
Error	324,986	18	18,055		
Total	142,225,742	27			
Total corregido	4,742,624	26			

Fuente: IBM SPSS STATISTICS V 24.

Ho: Los resultados de los experimentos realizados según su granulometría y agente activador son iguales.

Hi: Los resultados de los experimentos realizados según su granulometría y agente activador no son iguales.

Se analiza el valor $P > 0.05$ (sig.); debido a que en los resultados la significancia es menor se rechaza Ho y se acepta Hi con un nivel de confianza de 95% concluyendo que los

tratamientos realizados según su granulometría y porcentaje de agente activador son diferentes.

Debido a la determinación de diferencias entre las medias se realizaron las pruebas de rango Post Hoc- TUKEY para que nos permita encontrar cuál de las medias difieren y hallar la mejor granulometría y el mejor porcentaje del agente activador.

Tabla N°11: Prueba tukey para el agente activador.

PORCENTAJE DE ADSORCIÓN					
	AGENTE ACTIVADOR	N	Subconjunto		
			1	2	3
HSD Tukey ^{a,b}	35 %	9	59,717800		
	55 %	9		71,252211	
	85 %	9			83,104056
	Sig.		1,000	1,000	1,000

Fuente: IBM SPSS STATISTICS V 24.

Según las pruebas HDS Tukey donde evalúan individualmente los porcentajes de agente activador se deduce en los subconjuntos que el mejor fue el carbón activado al 85% de (H_3PO_4) logrando tener una mayor adsorción.

Tabla N°12: Prueba tukey para la Granulometría del carbón.

PORCENTAJE DE ADSORCIÓN					
	GRANULOMETRÍA	N	Subconjunto		
			1	2	3
HSD Tukey ^{a,b}	,150 mm	9	60,423278		
	,425 mm	9		72,910056	
	,850 mm	9			80,740733
	Sig.		1,000	1,000	1,000

Fuente: IBM SPSS STATISTICS V 24.

Según las pruebas HDS Tukey donde evalúan individualmente las granulometrías se deduce en los subconjuntos que el mejor tamaño de carbón fue el de 0.850 mm logrando tener una mayor adsorción.

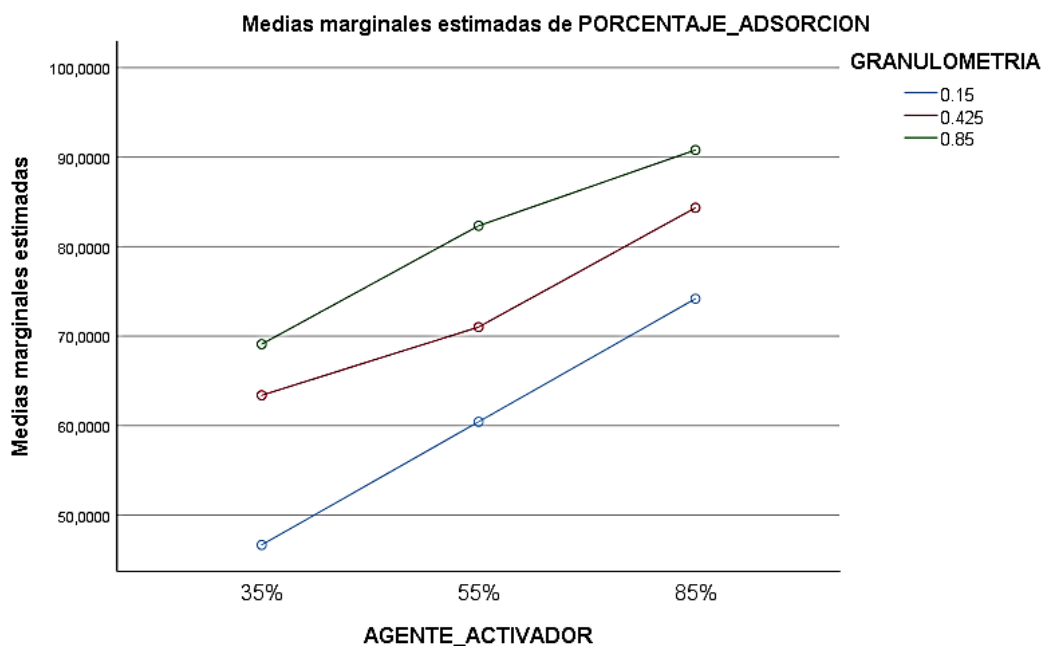


Figura N°4: Medias marginales estimadas de porcentaje y adsorción.

Fuente: IBM SPSS STATISTICS V 24.

En la figura N° 4, se puede observar que hay una mayor adsorción de arsénico (As) usando una granulometría de (0,85 mm) y un porcentaje de concentración de agente activador ácido fosfórico (H_3PO_4) es (0.85%), mientras el que tuvo menor resultado de adsorbancia fue (0,15 mm) de granulometría con una concentración de ácido fosfórico (H_3PO_4) de (35%).

IV. DISCUSIÓN

- En los primeros resultados de la tabla N°6 que describe las características de la muestra de agua del río Chichircucho, se observan los parámetros de temperatura, pH, conductividad eléctrica y el parámetro estudiado arsénico (As), identificando un pH 4 (altamente ácido) y una concentración en promedio de arsénico de 0.1575 mg/L de agua, los cuales están por encima de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para aguas superficiales en la categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales (anexo 12); causada principalmente por las actividades mineras cercanas al lugar, exponiendo así la salud de las personas y el entorno que le rodea (flora y fauna), ya que según **Monroy y Espinoza (2018)** el arsénico viene siendo uno de los elementos más tóxicos y dañinos, representando un riesgo potencial con múltiples efectos negativos y crónicos en el organismo a mediano y largo plazo, ya que contribuye con

la proliferación de enfermedades debido a su bioacumulación en los organismos vivos.

- En el gráfico N°3 donde se observa el promedio de los resultados obtenidos combinando las variables de granulometría (0,15 – 0,425 y 0,85 mm) y porcentaje del agente activador (H_3PO_4) (35%, 55% y 85%), se logró un 91% de adsorción de arsénico (As) en las aguas del río Chichircucho, a una granulometría (0,85 mm) y porcentaje de (H_3PO_4) (85%) respectivamente, corroborando el estudio de Aguilar *et al* (2016) quien trabajó reutilizando los desechos agroindustriales de cáscara de plátano para la elaboración de carbón activado logrando una eficiencia de 94.8%, demostrando así que la cáscara de plátano es apta para la adsorción gracias a que esta posee lignina, que contiene propiedades químicas como dispersante, adsorbente, aglomerante, entre otros. Además, que **Caballero (2012)** también desarrolló una investigación sobre la evaluación del uso de la cáscara del banano para remover arsénico en el agua, confirmando la efectividad de este residuo orgánico (plátano) a un 80%.
- En el análisis estadístico de los resultados verificamos que los datos tienen una distribución normal para cada variable, como es la granulometría y el porcentaje de agente activador en las tablas N° 9 y 10 respectivamente, debido a la significancia obtenida en la prueba de Shapiro-Wilk (<50 muestras) con una confiabilidad de 95%, así mismo en la prueba ANVA o también conocida como ANOVA, identificamos la diferencia significativa entre los tratamientos para cada variable. Donde se observa la disimilitud entre los tamaños de granulometría y el porcentaje de concentración del agente activador. Semejante al estudio del Dr. **Castro (2015)** quien aplicó el método ANOVA en sus 9 tratamientos, para analizar la diferencia significativa entre el tamaño de partícula (0,85 – 0,4 y 0,25 mm) además de la cantidad de gr/L de la cáscara de plátano, resultando similar a nuestro diseño experimental.
- En cuestión a los tratamientos con la granulometría; según los resultados realizados en las pruebas Tukey podemos observar que la mejor granulometría entre (0,15 – 0,425 y 0,85 mm) es 0,85 mm con una confianza de 95% demostrando notoriamente una influencia del tamaño de partícula sobre la adsorción, similar al estudio realizado

por **Mendoza (2018)** quien trabajo con granulometrías de (0,25 - 0,400 y 0,841 mm) logrando una mejor adsorción en su estudio con el tamaño de partícula de 0.841mm, otro estudio parecido es el de **Baca (2016)** que trabajó el efecto de la cascara de *Musa Paradisiaca* con tamaños (0,6-0,425mm) logrando alcanzar una mayor adsorción con 0,6 mm , estos estudios fueron contrarios a lo expuesto por **Castro (2015)** quien evaluó granulometrías entre (0,85 – 0,4 y 0,25) pues en su estudio obtuvo una mayor adsorción con la granulometría más pequeña 0,25 mm el cual concluyo que al disminuir el tamaño de partícula aumenta la adsorción del contaminante. Por otro lado, la adsorción también va a depender de otras variables ya que, según **Varona et al (2016)** en su Manual de Carbón Activado, menciona que en la capacidad de un carbón activo para retener o adsorber una determinada sustancia como metales pesados no solo va a depender de su área superficial, sino también de la proporción de poros internos que tenga dicho carbón estudiado, y del tamaño de los mismos, (un tamaño adecuado para un poro debe oscilar entre 1 y 5 veces el diámetro de la molécula a retener) La distribución del tamaño del poro depende fundamentalmente de tres factores: el origen de la materia prima, el tipo de activación, y la duración del proceso.

- En cuestión a los tratamientos con el agente activador; según los resultados realizados en las pruebas de rango Post hoc-Tukey se observa que el mejor porcentaje de concentración del ácido fosfórico (H_3PO_4) entre (35%, 55% y 85%) es de 85%, con una confianza de 95%, semejante al estudio realizado por Solís *et al* (2012) quién elaboró carbón activado a partir Residuos Agroindustriales , activándolo con ácido fosfórico (H_3PO_4) en concentraciones de (20%, 40% y 85%), señalando que el que el mejor carbón fue el de 85% pues logro un mayor rendimiento (56.5% de CA); esto se debe, a que la muestra tiene mayor concentración de agente impregnante y por tanto su efecto será más pronunciado pero también va a depender del tipo de materia orgánica a utilizar; Similar al estudio realizado por **Rincón (2014)** quien elaboró carbón activado químicamente con ácido fosfórico a concentraciones de 30% y 80% y nos dice que los resultados que presentan las muestras activadas con ácido fosfórico en diferentes concentraciones presenta notorios cambios en las características texturales de los materiales carbonosos y se observó que la baja concentración del agente activante en la muestra activada a 30% logra favorecer el desarrollo de microporosidad mientras que el aumento de concentración produce un

ensanchamiento de los microporos y desarrollo de mesoporosidad tal como se evidencia en los resultados. Concluyendo que al incrementarse el porcentaje de impregnación del H₃PO₄, en los carbones aumenta su grado de porosidad y así aumento de su capacidad de remoción.

Por otro lado, también puede existir una deficiencia en el carbón debido al mal lavado del carbón ya que los residuos llegarían a obstruir e interponerse en las paredes carbonosas que se encargan de la adsorción; disminuyendo su capacidad.

V. CONCLUSIONES

- Al evaluar el efecto de la concentración del agente activador a diferentes porcentajes de concentración de ácido Fosfórico de (35%, 55% y 85%) y a una granulometría de tres dimensiones (0,15 – 0,425 y 0,85 mm) del carbón activado en la adsorción de arsénico (As) de las aguas del río Chichircucho; se concluye que la combinación de una granulometría de 0,85 mm junto al porcentaje del agente activador de 85% obtuvo una mejor disminución de la concentración de arsénico (As) con un 91%, reduciendo de una concentración inicial de 0.1575 ppm a 0.015 ppm de este contaminante.
- Al evaluar la mejor concentración de ácido fosfórico de (35%, 55% y 85%) en el tratamiento de carbón de cáscara de *Musa paradisiaca* (plátano) que permita lograr el mayor porcentaje de adsorción de arsénico (As) en las muestras de agua tomadas; se concluye que el mejor porcentaje de concentración de agente activador es de 85%, con una confianza del 95%.
- Con respecto a la evaluación de la mejor granulometría de (0,15 – 0,425 y 0,85 mm) del carbón activado de *Musa paradisiaca* (plátano) el cual permita adsorber el mayor porcentaje de Arsénico (As) presente en las aguas del río Chichircucho; concluimos que es 0,85 mm la mejor dimensión para el carbón activado, con una confianza de hasta un 95% según las pruebas de post hoc-Tukey.
- Al comparar los resultados de análisis del agua ya tratada del río Chichircucho con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA-Agua) para Riego del Decreto Supremo N°004-2017-MINAM en la categoría 3 (anexo 12) podemos constatar el

cumplimiento de todas las pruebas realizadas ya que están dentro del rango establecido 0.1 mg/l.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar un estudio en las diversas variedades de plátano ya que posiblemente algunos contengan mayor valor de lignina en su composición.
- Se recomienda mejorar la capacidad del carbón con impregnación de algún metal, como por ejemplo Hierro (Fe).
- Se recomienda estudiar otras variables, como temperatura, velocidad y tiempo de contacto (rpm) que son muy importantes en el proceso de adsorción.
- Se recomienda estudiar otros residuos orgánicos que puedan tener capacidades adsorptivas.

REFERENCIAS

AGUILAR, Alby, *et al.* Remoción de contaminantes presentes en aguas superficiales empleando carbón activado generado a partir de material de desecho agroindustrial. *LACCEI "Engineering Innovations for Global Sustainability*. Costa Rica. [En línea] p.2-4, 2016. [Fecha de consulta: 21 de abril del 2019]. Disponible en: <http://www.laccei.org/LACCEI2016-SanJose/RefereedPapers/RP123.pdf> ISSN:2414-6390.

Autoridad Nacional del Agua (ANA-Perú). N°010: Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales. Lima, 2015.

BACA, Almendra. Efecto del polvo de cáscara de *Musa paradisiaca* en la remoción de cromo total de las aguas residuales de INVERSIONES HAROD S.A.C., Trujillo. Tesis (Ingeniero Ambiental). Trujillo: Universidad César Vallejo de Perú, 2016, p.9. [Fecha de consulta: 01 de diciembre del 2019]. Disponible en: http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/6584/baca_sa.pdf?sequence=1&isAllowed=y

BETANCUR, Adrián, 2012. (Citado por T. Doctoral, 2009). Fabricación de monolitos de carbón activado para captura de gases contaminantes. Tesis (MSc. Ingeniería Química). Colombia: Universidad Nacional de Colombia, 2012, p.5. [Fecha de consulta: 01 de diciembre del 2019]. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Adrian_Betancur_Arroyave/publication/304715344_Fabricacion_de_monolitos_de_carbon_activado_para_captura_de_gases_contaminantes/links/5777d56508aeb9427e2a1ae8/Fabricacion-de-monolitos-de-carbon-activado-para-captura-de-gases-contaminantes.pdf

CABALLERO, Vilma. Evaluación del uso de la cáscara del banano (*Musa AAA*) variedad Williams para la remoción de arsénico en el agua para consumo humano. Tesis (Ingeniería Sanitaria). Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, 2012, p. vii-14-29. [Fecha de consulta: 01 de diciembre del 2019]. Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0417_MT.pdf

CARMONA, Uriel. CARDONA, Harold. RESTREPO, Inés. (Citado por Contraloría General de la República, 2011). Gestión ambiental, sostenibilidad y competitividad

minera. Contextualización de la situación y retos de un enfoque a través del análisis del ciclo de vida, Colombia. *Dyna rev.fac.nac.Minas*. [En línea] vol.84, n°201, p.51, 2017. [Fecha de consulta: 23 de abril del 2019]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/dyna/v84n201/0012-7353-dyna-84-201-00050.pdf> ISSN: 0012-7353.

CASTRO, Bismark. Uso de la Cáscara de Banano (*Musa paradisiaca*) maduro deshidratada (seca) como proceso de Bioadsorción para la retención de metales pesados, plomo y cromo en aguas contaminadas. Tesis (MSc. en Impactos Ambientales) Guayas: Universidad de Guayaquil, 2015, p.xvi-75-84. [Fecha de consulta: 23 de abril del 2019]. Disponible en: http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/8641/1/Usode%20de%20cascara%20de%20banano_Dr.%20Castro.pdf

GEORGE, Chrisine; *et al.* (Citado por INEI, Estado de la población peruana, 2013). Exposición al arsénico en el agua potable: una gran amenaza inadvertida para la salud en Perú. *Boletín de la Organización Mundial de la Salud*. [En línea] p.570, 2014. [Fecha de consulta: 17 de abril del 2019]. Disponible en: <https://www.who.int/bulletin/volumes/92/8/13-128496.pdf>

CONTRERAS; *et al.* Variaciones en el equilibrio de adsorción según el tamaño de partícula adsorbente. *Revista Ciencia y Sociedad*. [En línea] vol.17, n°1, p.53, 1992. [Fecha de consulta: 26 de abril del 2019]. Disponible en: <http://repositoriobiblioteca.intec.edu.do/handle/123456789/881>

GARCÍA, Julisa; *et al.* Efecto del tamaño de partícula en la adsorción de Pb (II) utilizando olote de maíz. México: Universidad Autónoma de Nueva León. [En línea] 2015. [Fecha de consulta: 26 de abril del 2019]. Disponible en: <http://www.amica.com.mx/issn/archivos/165.pdf>

GÓMEZ, Alexander. WOLFGANG, Klose. RINCÓN, Sonia. (Citado por Rincón, 2005). Carbón activado de cuesco de palma, estudio de termogravimetría y estructura. *Kassel university press GmbH*. Colombia. [En Línea] p.26, 2010. [Fecha de consulta: 01 de diciembre del 2019]. Disponible en: <https://www.uni-kassel.de/upress/online/frei/978-3-89958-820-0.volltext.frei.pdf>
ISBN: 978-3-89958-821-7.

IDRISS, Ahmedou. Preparación y caracterización de carbón activado a partir de residuos de biomasa y su utilización en tratamientos de descontaminación del agua. Tesis (Doctoral). España: Universidad de Extremadura. [En Línea] p.17,32-33, 2012. [Fecha de consulta: 8 de mayo del 2019]. Disponible en: http://dehesa.unex.es/xmlui/bitstream/handle/10662/175/TDUEX_2012_Idriss_Bah.pdf?sequence=1&isAllowed=y

ÓRE, Franklin. LAVADO, Carmencita. BENDEZÚ, Salvador. (Citado por Acosta, 2007 y Cimino, 1990). Biosorción de Pb (ii) de aguas residuales de mina usando el marlo de maíz (*Zea mays*), Huancayo. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, vol. 81, n°2, p.122, 2015. ISSN: 1810-634X.

Lu, F. y Ralph, J, 2010. (Citado por Bolker, 1974). Lignina Paja de cereales como recurso para biomateriales sostenibles y biocombustibles. Department of Biochemistry (Enzyme Institute), and the DOE Great Lakes Bioenergy Research Center, University of Wisconsin-Madison, 1710 University Avenue, Madison, WI 53726, USA. doi: 10.1016 / b978-0-444-53234-3.00006-7, p.168.

MAZZEO, Miguel; *et al*, 2010. (Citado por Rivera, 2008; Carrillo, 1999). Aprovechamiento industrial de residuos de cosecha y poscosecha del plátano en el departamento de Caldas. *Revista Educación en Ingeniería*. [En línea] 2010, n°9, p.130. Disponible en: http://www.acofi.edu.co/revista/Revista9/2010_I_02.pdf ISSN: 1900-8260.

MEDINA, María; *et al*, 2018. (Citado por Abernathy, 2001; Hong, 2014; Yosim, 2015; Hughes, 2011 y Goldman, 2017). Ingesta de Arsénico: Impacto en la alimentación y la salud humana. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*. [En línea] vol. 35, n° 1, p.93-95, 2018. [Fecha de consulta: 6 de mayo del 2019]. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/rins/v35n1/a15v35n1.pdf> ISSN: 1726-4634.

MENDOZA, Diana. Efecto de la granulometría y peso de cáscara de *Citrus sinensis* (naranja) en la remoción de plomo en aguas de la laguna de Pias – Pataz, 2018. Tesis (Ingeniero Ambiental). Trujillo: Universidad César Vallejo de Perú, 2018, p.11-26-42. [Fecha de consulta: 01 de diciembre del 2019]. Disponible en:

http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/26131/mendoza_qd.pdf?sequence=1&isAllowed=y

MINAM. Aprueban Límites Máximos Permisibles para efluentes líquidos de actividades minero-metalúrgicas. [En línea] 2010. [Fecha de consulta: 07 de abril de 2019]. Disponible en: <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-limites-maximos-permisibles-descarga-efluentes-liquidados>.

MONROY, Rebeca y ESPINOZA, José. Factors that intensify toxicological risk in communities exposed to arsenic in water. *CienciaUAT*. [En línea] vol. 12, n°2, p.148, 2018. [Fecha de consulta: 6 de mayo del 2019]. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-78582018000100148&lng=es&nrm=iso
ISSN 2007-7858.

PERALTA; *et al.* Preparation, Characterization of Activated Carbons with Koh and H₃PO₄ and Application in Cd (II) Adsorption. *Revista de la Sociedad Química del Perú*. [En línea] vol. 74, n°4, p.221, 2008. ISSN: 1810-634X.

Población consume agua contaminada con restos fecales y metales pesados. [En línea] *La República. PE*. 20 de marzo del 2014. [Fecha de consulta: 8 de mayo del 2019]. Disponible en: <https://larepublica.pe/archivo/780236-poblacion-consume-agua-contaminada-con-restos-fecales-y-metales-pesados>

PORTILLA, Hans. Tiempo de contacto de la cáscara de *Musa Sapientum* (plátano) y su tamaño de partícula sobre el pH y adsorción de Pb y Zn en las aguas residuales de laboratorios de análisis químico. Tesis (Maestro en Gestión de Riesgos Ambientales). Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo, 2016, p.IX-41. [Fecha de consulta: 24 de abril del 2019]. Disponible en: <http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/7848/Tesis%20Maestr%C3%A9%20Hans%20R.%20Portilla%20Rodr%C3%ADguez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

REYES, Yulieth; *et al.* Contaminación por metales pesados: Implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. *Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo*. Vol. 16, n° 2, p.68, 2016. ISSN: 1900-771X

RICARDO; *et al.* Adsorción de plomo (Pb) de aguas contaminadas mediante cáscara de plátano (*Musa paradisiaca*). *LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology*. [En línea] p.1-2-4, 2018. [Fecha de consulta: 20 de noviembre del 2019]. Disponible en: http://www.laccei.org/LACCEI2018-Lima/full_papers/FP67.pdf

RINCÓN; *et al.* Obtención de carbones activados a partir de semillas de eucalipto, por activación química con H₃PO₄. Caracterización y evaluación de la capacidad de absorción de fenol desde solución acuosa, Bogotá. *Chemical Engineering*. [En línea] vol.16, n°1, p.207-209-216, 2014. [Fecha de consulta: 01 de diciembre del 2019]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/inco/v16n1/v16n1a18.pdf?fbclid=IwAR1C46USa2B24vNYTDiFpM6HW2hDeHNkDgQMMKp4Qsumo6e9LCuNVpixH6Y>

SANTIAGO, Armando. La Globalización del deterioro Ambiental, Táchira. *Revista Aldea Mundo*. [En Línea] vol.14, n°27, p.63, 2009. [Fecha de consulta: 6 de mayo del 2019]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/543/54315984008.pdf>
ISSN: 1316-6727.

SEPULVEDA, Rodrigo. (Citado por Frost, 2000). El arsénico en la contaminación de aguas subterráneas, *CIENCIA-UANL. Red de revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*. [En Línea] vol.12, n°3, p.240, 2009. [Fecha de consulta: 6 de mayo del 2019]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/402/40211814002.pdf>
ISSN: 1405-9177.

SEVILLANO, Ángel. TORRES, Paola. Obtención de carbón activado a partir de madera. Tesis (Ing. Químico). Argentina: Universidad Nacional Cuyo, 2013, p.7,10. [Fecha de consulta: 6 de mayo del 2019]. Disponible en: http://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/7742/obtencion-de-carbon-activado-a-partir-de-madera.pdf

SOLÍS, *et al.* Obtención de carbón activado a partir de residuos agroindustriales y su evaluación en la remoción de color del jugo de caña, Monterrey. *Red de revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*. [En línea] vol.27, n°1, p.36-41, 2012. [Fecha de consulta: 23 de abril del 2019]. Disponible en:

<https://www.redalyc.org/pdf/482/48224413006.pdf>

ISSN:0186-6036.

TEJADA, Candelaria; *et al*, 2015. (Citado por Gautam, *et al*, 2014). Adsorption of heavy metals in waste water using biological materials. *Revista Scientific Electronic Library Online*. Medellín [En línea] vol. 18, n°34, p. 112, 2015. [Fecha de consulta: 25 de abril del 2019]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/teclo/v18n34/v18n34a10.pdf>

ISSN: 0123-7799.

TEJADA, Lesly; *et al*. Estudio de modificación química y física de biomasa (*Citrus sinensis* y *Musa paradisiaca*) para la adsorción de metales pesados en solución. *Revista Scientific Electronic Library Online*. [En línea] n°39, p.124-126-127-133-139, 2014. [Fecha de consulta: 25 de abril del 2019]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/luaz/n39/n39a08.pdf>

ISSN: 1909-2474.

VALLADARES, *et al*. (Citado por SING, 2004 y NAVA, 2011). Adsorbentes no-convencionales, alternativas sustentables para el tratamiento de aguas residuales. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*. [En línea] 2017, vol. n°16, p. 66,67. ISBN: 1692-3324.

VARGAS, Francisco. (Citado por Centro Nacional de Epidemiología, 2004). La contaminación ambiental como factor determinante de la salud, Madrid-España. *Revista española de Salud Pública*. [En Línea] vol.79, n°2, p.118, 2005. [Fecha de consulta: 21 de abril del 2019]. Disponible en: <http://scielo.isciii.es/pdf/resp/v79n2/editorial1.pdf>

ISSN: 1135-5727.

VARONA, *et al*. Manual de Carbón Activo. Grupo TAR. (Máster en Ingeniería del Agua). España: Universidad de Sevilla, 2016 [Fecha de consulta: 21 de noviembre del 2019]. Disponible en: <http://www.elaguapotable.com/Manual%20del%20carb%C3%B3n%20activo.pdf>

VIDAL, *et al*, 2018. (Citado por Goncalves, 2017). Potential of agroindustrial waste for the synthesis of activated carbón: a review. *Scientia et Technica*. [En línea] vol. 23, n°3, p. 411, 2018. ISSN: 0122-1701.

ZAMORA, Giuliana. Obtención de carbón activado a partir de semillas, de dos palmeras de la Amazonía Peruana, Shapaja (*Attalea phalerata*) y Aguaje (*Mauritia flexuosa*). Tesis (Ingeniero Forestal). Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina, 2010, p.v. [Fecha de consulta: 21 de abril del 2019]. Disponible en: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/443/K50.Z2-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ANEXOS

Anexo 1: Ficha técnica.

FICHA TÉCNICA

TÍTULO DE INVESTIGACIÓN:

INVESTIGADORES:

PARÁMETROS DEL AGUA DE RÍO	
PH	
CONDUCTIVIDAD	
T°	

REPETICIÓN 1

% CONCENTRACIÓN DEL AGENTE ACTIVADOR	GRANULOMETRÍA		
	G1	G2	G3
C1			
C2			
C3			

REPETICIÓN 2

% CONCENTRACIÓN DEL AGENTE ACTIVADOR	GRANULOMETRÍA		
	G1	G2	G3
C1			
C2			
C3			

REPETICIÓN 3

% CONCENTRACIÓN DEL AGENTE ACTIVADOR	GRANULOMETRÍA		
	G1	G2	G3
C1			
C2			
C3			

OBSERVACIONES:

.....

.....

.....

.....

.....

Anexo 2: Serie de mallas ASTM.

Tabla N°14: Tabla de Serie de mallas ASTM (utilizadas para tamizado).

N° de malla ASTM	Abertura (mm)	Abertura (um)
20	0,85	850
40	0,425	425
60	0,25	250
80	0,18	180
100	0,15	150

Fuente: ASTM (2007).

Anexo 3: Resultados de adsorción de Arsénico (As) por gramo de carbón activado.

Tabla N° 15: Resultados de adsorción de (As) por gramo de carbón activado.

PROMEDIO DE LAS 3 CORRIDAS			
% DE AGENTE ACTIVADOR	GRANULOMETRÍA		
	0.15mm	0.425mm	0.85mm
35%	0.368	0.499	0.545
55%	0.476	0.559	0.649
85%	0.585	0.665	0.715

Fuente: Elaboración propia.

En esta tabla se muestran los resultados de adsorción de arsénico (As) por cada gramo de carbón en función a las variables de granulometría de (0.15, 0.425, y 0.85 mm) y al agente activador (35% 55% y 85%). Se observa que con una granulometría de 0.85 mm junto al porcentaje del agente activador de 85% se logra adsorber un máximo de 0.715 mg de (As) por cada gramo de carbón activado y un mínimo de 0.368 mg. de (As) con la combinación de 0.15mm y 35%.

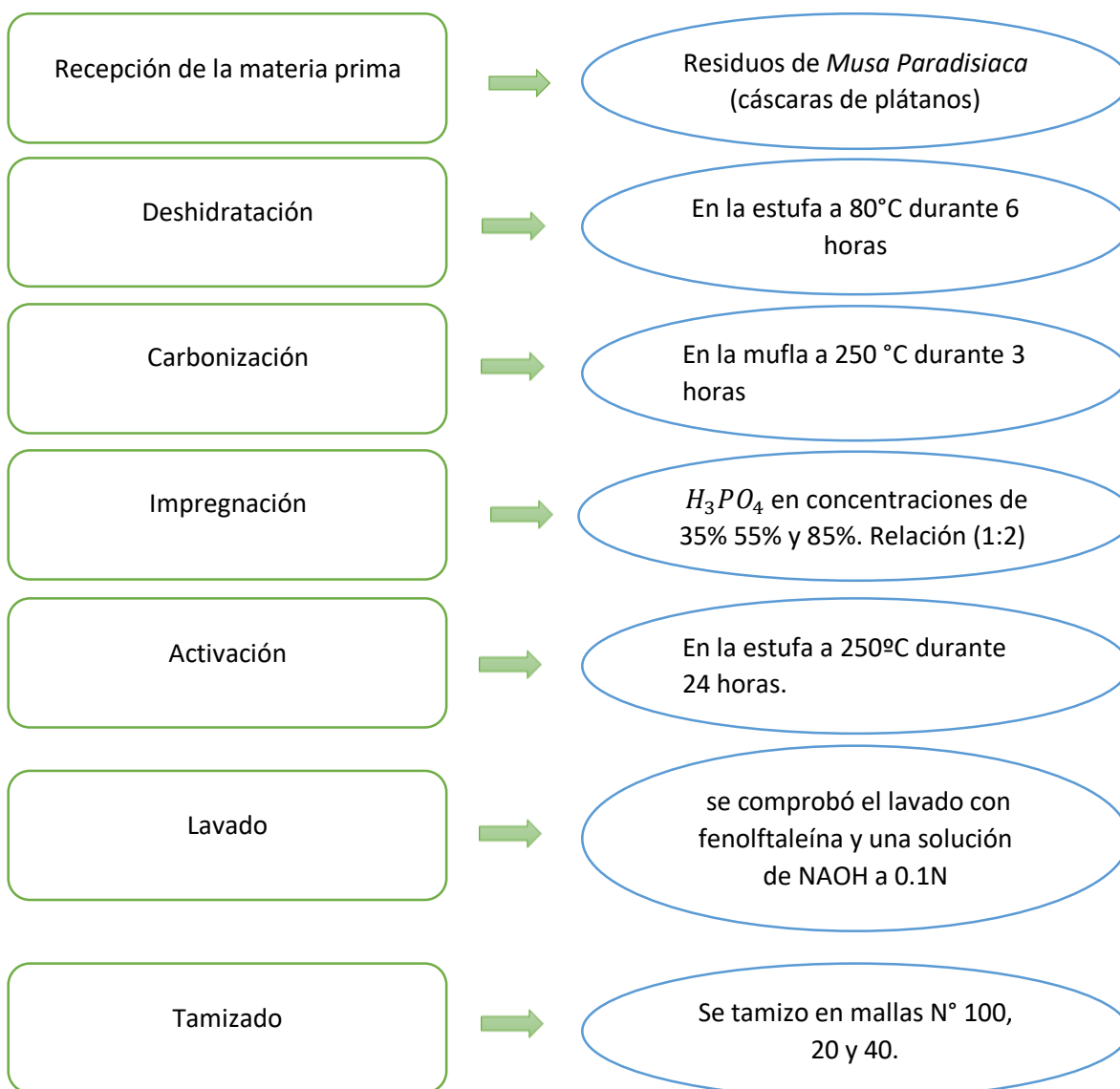
Anexo 4: Prueba de Homogeneidad.

Tabla N°16: Prueba de Homogeneidad.

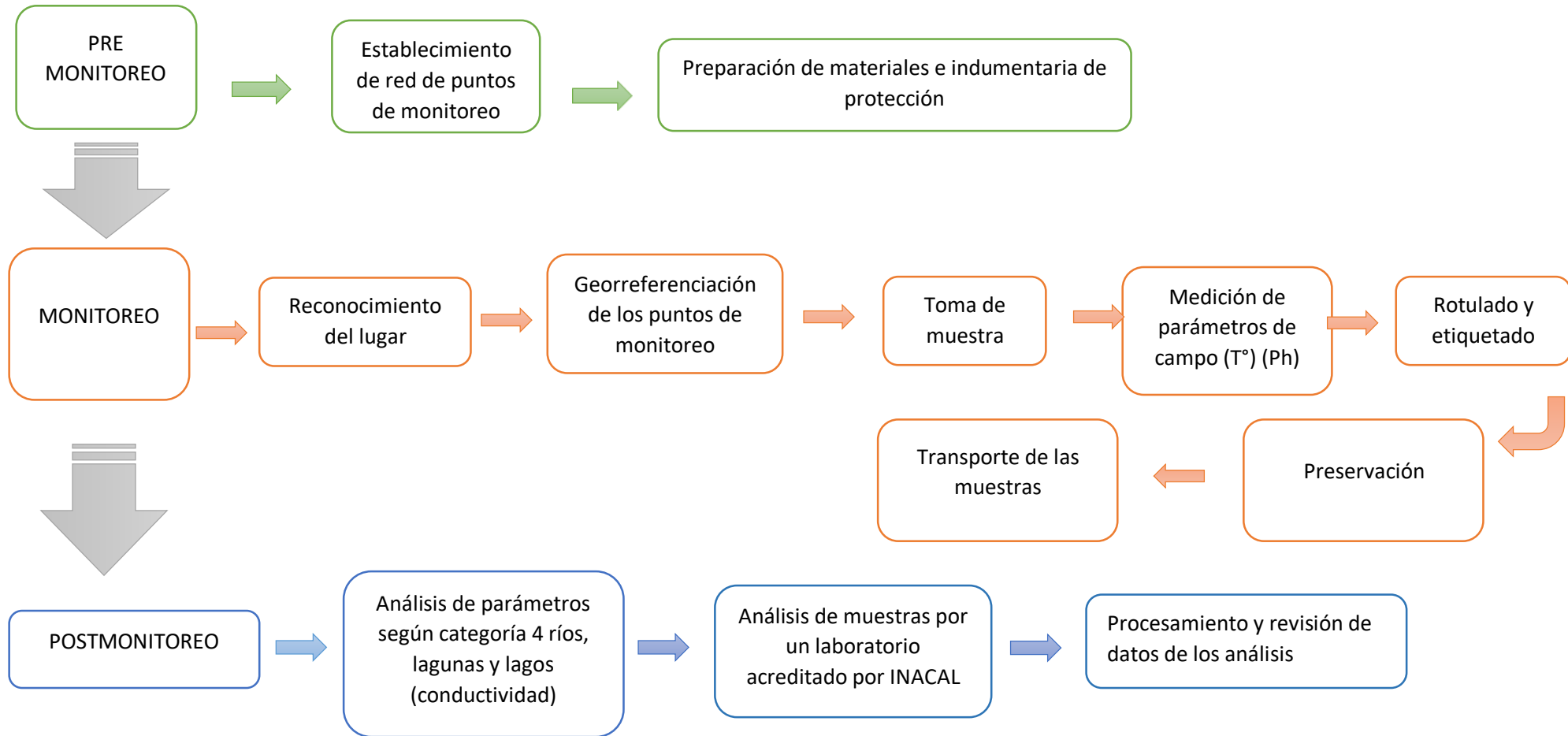
Prueba de igualdad de Levene de varianzas de <i>error</i> ^{a,b}					
		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
PORCENTAJE DE ADSORCIÓN	Se basa en la media	,710	8	18	,680
	Se basa en la mediana	,392	8	18	,911
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,392	8	13,451	,906
	Se basa en la media recortada	,687	8	18	,698

Fuente: IBM SPSS STATISTICS V 24.

Anexo 5: Proceso para la obtención de carbón



Anexo 6: Flujograma del Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales.



Fuente Propia: Flujograma de la Metodología para tomar una muestra de agua siguiendo el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales. Resolución Jefatural N°10-2016-ANA.

Anexo 7: Análisis de las muestras de agua del primer tratamiento con el carbón activado.



RIVELAB - S.A.C.

LABORATORIO DE ANÁLISIS CLÍNICOS



INFORME DE ENSAYO N° 324-RIVELAB/FQ/Microbiológico

I. DATOS GENERALES:

SOLICITANTES	Aicantara Pucor Zuren Dalia
ENSAYO SOLICITADO	Arsénico
METODO DE ENSAYO	Absorción atómica

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	
<input checked="" type="checkbox"/> Tipo de matriz	Muestra de Agua

II. RESULTADOS:

ppm de Arsénico

	Diámetro de partícula (mm)			
		0.15	0.425	0.85
Porcentaje de concentración del Agente Act.	35	0.0945	0.051	0.042
	55	0.057	0.036	0.0325
	85	0.047	0.021	0.0115
Muestra blanca	0.1575			

Trujillo, 04 de noviembre del 2019



JOSE RIVERO MENDEZ
Ingeniero Químico - Perú



BIOQUÍMICOS - HEMATOLÓGICOS - MICROBIOLÓGICOS - INMUNOLÓGICOS - PRUEBAS ESPECIALES

J. Pizarro N° 137 - Oficina N° 108 Trujillo - Perú	rivelabperu@netmail.com	Cel. 943631454 BPM, # 943631454 Fax: 844 - 346297
---	-------------------------	---

Fuente: RIVELAB – S.A.C.

Anexo 8: Análisis de las muestras de agua del segundo tratamiento con el carbón activado.



RIVELAB - S.A.C.

LABORATORIO DE ANÁLISIS CLINICOS



INFORME DE ENSAYO N° 338 RIVELAB/FQ/Microbiológico

I. DATOS GENERALES:

SOLICITANTES	Alcántara Pascual Zuren Delia
ENSAYO SOLICITADO	Arsénico
METODO DE ENSAYO	Absorcion atomica

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA.	
✓ Tipo de matriz	Muestra de Agua

II. RESULTADOS:

ppm de Arsénico

	Diámetro de partícula (mm)			
	0.15	0.425	0.85	
Porcentaje de concentración del Agente Act.	35	0.0825	0.064	0.057
	55	0.069	0.054	0.026
	85	0.034	0.024	0.014
Muestra blanca	0.1575			

Trujillo, 11 de noviembre del 2019


JOSE RIVERO MENDEZ
Ingeniero Químico- Perú



BIOQUÍMICOS - HEMATOLÓGICOS - MICROBIOLÓGICOS - INMUNOLÓGICOS - PRUEBAS ESPECIALES

L. Pizarro N° 137 - Oficina N° 108
Trujillo - Perú

rivelabperu@hotmail.com

Cel. 943631454
EPM: 943631454

Fuente: RIVELAB – S.A.C.

Anexo 9: Análisis de las muestras de agua del tercer tratamiento con el carbón activado.



RIVELAB - S.A.C.

LABORATORIO DE ANÁLISIS CLÍNICOS



INFORME DE ENSAYO N° 341-RIVELAB/FQ/Microbiológico

I. DATOS GENERALES:

SOLICITANTES	Alcázar Pazcar Zurem Dalia
ENSAYO SOLICITADO	Arsénico
METODO DE ENSAYO	Absorción atómica

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	
✓ Tipo de matriz	Muestra de Agua

II. RESULTADOS:

ppm de Arsénico

	Diámetro de partícula (mm)			
		0.15	0.425	0.85
Porcentaje de concentración del Agente Act.	35	0.075	0.058	0.047
	55	0.061	0.047	0.025
	85	0.041	0.029	0.018
Muestra blanca	0.1575			

Trujillo, 19 de noviembre del 2019




JOSE RIVERO MENDEZ
 Ingeniero Químico - Perú

BIOQUÍMICOS - HEMATOLÓGICOS - MICROBIOLÓGICOS - INMUNOLÓGICOS - PRUEBAS ESPECIALES

J. Fizarro N°137 - Oficina N° 10B
 Trujillo - Perú

rivelabperu@hotmail.com

Cel. 943631454
 FPM. # 943631454
 Fijo 044 - 346207

Fuente: RIVELAB – S.A.C.

Anexo10: Resultados de los tres tratamientos de la muestra de agua del río Chichircucho.

(%) DE AGENTE ACTIVADOR	PRIMER TRATAMIENTO			SEGUNDO TRATAMIENTO			TERCER TRATAMIENTO		
	GRANULOMETRÍA			GRANULOMETRÍA			GRANULOMETRÍA		
	0.15m m	0.425m m	0.85m m	0.15m m	0.425m m	0.85m m	0.15m m	0.425m m	0.85m m
35%	0.0945	0.051	0.042	0.0825	0.064	0.057	0.075	0.058	0.047
55%	0.057	0.036	0.0325	0.069	0.054	0.026	0.061	0.047	0.025
85%	0.047	0.021	0.0115	0.034	0.024	0.014	0.041	0.029	0.018

Fuente: Elaboración propia.

(%) DE AGENTE ACTIVADOR	PRIMERA CORRIDA			SEGUNDA CORRIDA			TERCERA CORRIDA		
	GRANULOMETRÍA			GRANULOMETRÍA			GRANULOMETRÍA		
	0.15mm	0.425mm	0.85mm	0.15mm	0.425mm	0.85mm	0.15mm	0.425mm	0.85mm
35%	0.315	0.533	0.578	0.375	0.468	0.503	0.413	0.498	0.553
55%	0.503	0.608	0.625	0.443	0.518	0.658	0.483	0.553	0.663
85%	0.553	0.683	0.73	0.618	0.668	0.718	0.583	0.643	0.698

Fuente: Elaboración propia.

(%) DE AGENTE ACTIVADOR	PRIMERA CORRIDA			SEGUNDA CORRIDA			TERCERA CORRIDA		
	GRANULOMETRÍA			GRANULOMETRÍA			GRANULOMETRÍA		
	0.15m m	0.425m m	0.85m m	0.15m m	0.425m m	0.85m m	0.15m m	0.425m m	0.85m m
35%	40%	67.62%	73.33 %	47.62 %	59.37%	63.81 %	52.38 %	63.18%	70.16 %
55%	63.81 %	77.14%	79.37 %	56.19 %	65.71%	83.49 %	61.27 %	70.16%	84.13 %
85%	70.16 %	86.67%	92.70 %	78.41 %	84.76%	91.11 %	73.97 %	81.59%	88.57 %

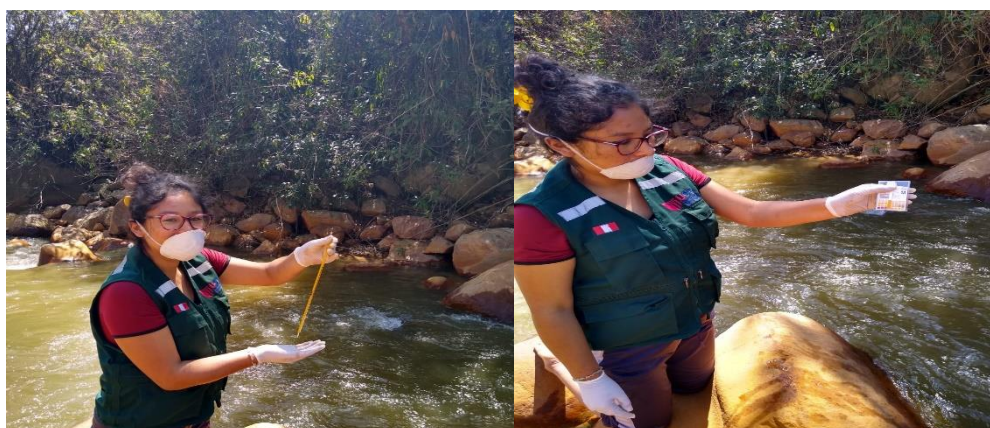
Fuente: Elaboración propia.

Anexo 11: Toma de la muestra de agua del río Chichircucho, obtención del carbón activado y tratamiento de las muestras en el Test de Jarras.



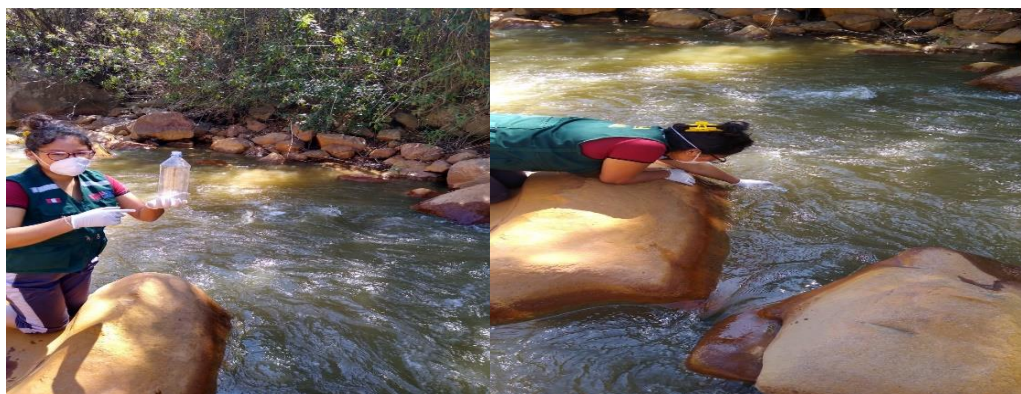
Fotografía N°1: Georreferenciación de los puntos de muestreo en el río Chichircucho.

Fuente: Propia.



Fotografía N°2: Medición de parámetros pH y T° en los puntos de muestreo del río Chichircucho.

Fuente: Propia.



Fotografía N°3: toma de muestra de agua del río Chichircucho.

Fuente: Propia.



Fotografía N°4: Aplicación de preservante en la muestra de agua.

Fuente: Propia.



Fotografía N°5: Recolección y cortado de materia prima (cáscara de plátano).

Fuente: Propia.



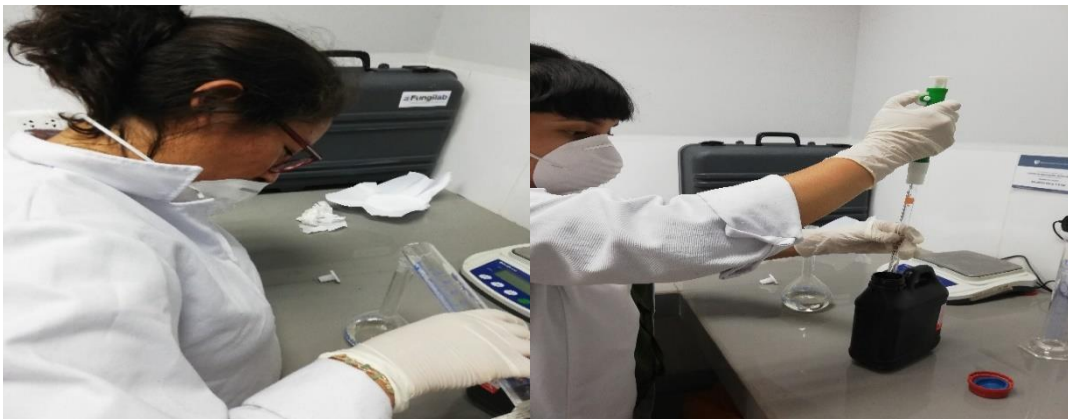
Fotografía N°6: Deshidratación de la cáscara de plátano.

Fuente: Propia.



Fotografía N°7: Carbonización del carbón activado en la mufla.

Fuente: Propia.



Fotografía N°8: Preparación de las soluciones de H_3PO_4 en diferentes concentraciones.

Fuente: Propia.



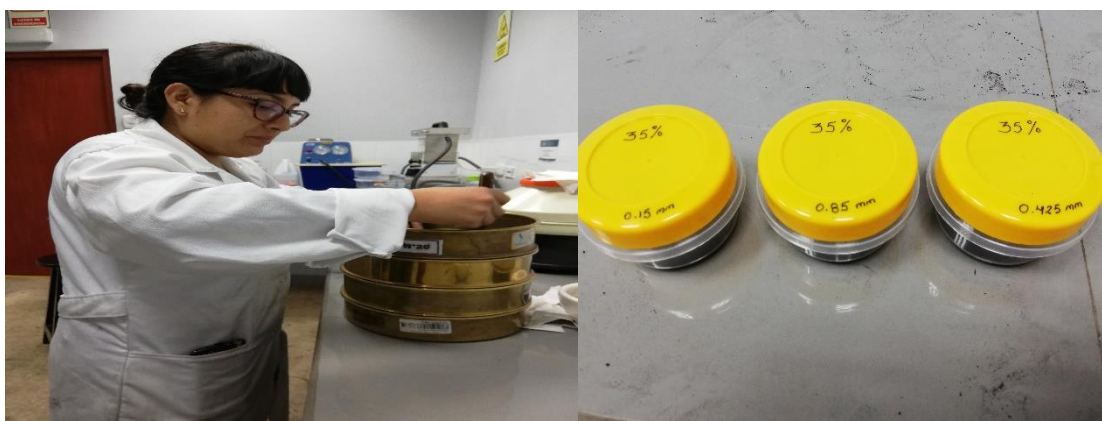
Fotografía N°9: Impregnación del H_3PO_4 en el carbón.

Fuente: Propia.



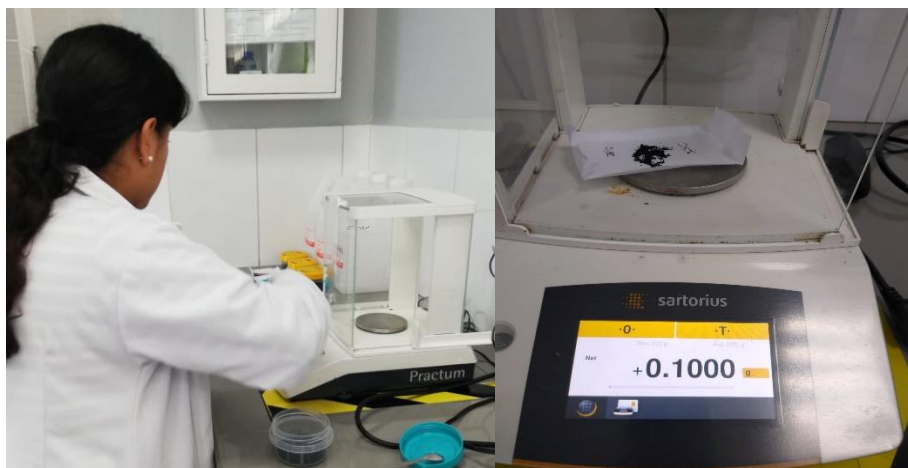
Fotografía N°10: Lavado y secado del carbón.

Fuente: Propia.



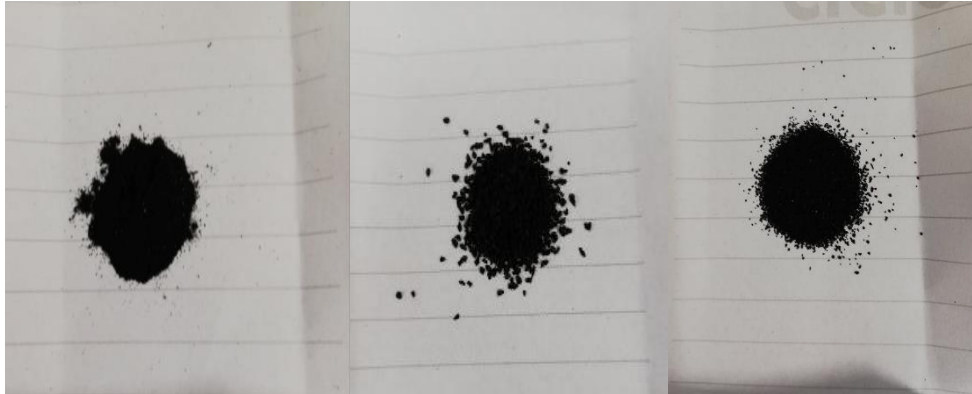
Fotografía N°11: Tamizado del carbón activado.

Fuente: Propia.



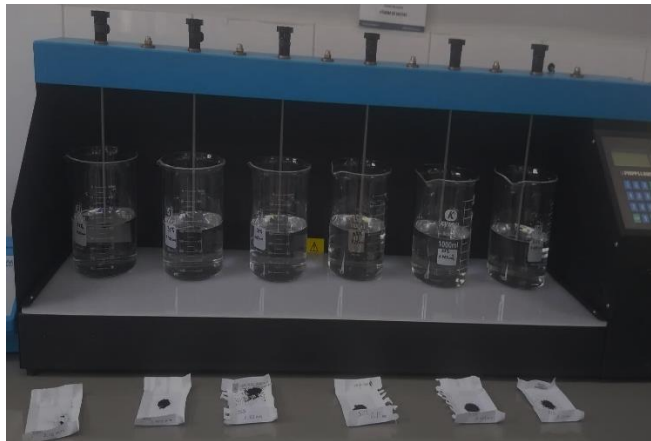
Fotografía N°12: Pesado del carbón activado.

Fuente: Propia.



Fotografía N°13: Carbón activado para aplicar al tratamiento.

Fuente: Propia.



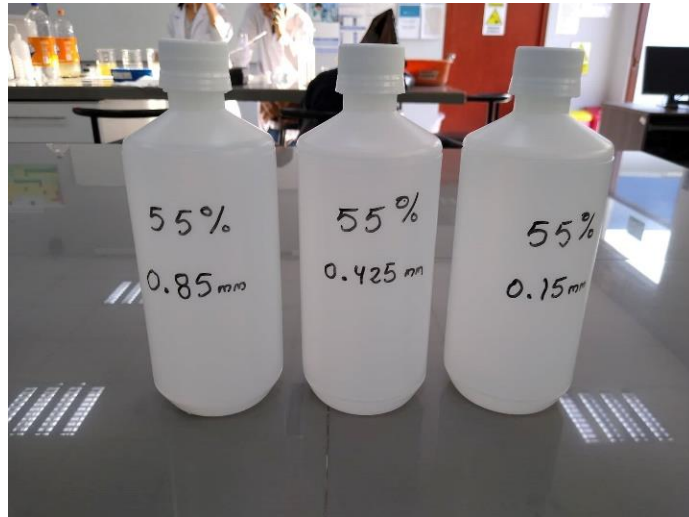
Fotografía N°14: Tratamiento en el Test de Jarras con el carbón activado.

Fuente: Propia.



Fotografía N°15: Filtración de las muestras ya tratadas.

Fuente: Propia.



Fotografía N°16: Filtración de las muestras ya tratadas.

Fuente: Propia.

ANEXO 12: ECA agua categoría 3: Riego de vegetales y bebidas de animales.

Tabla N° 1: Estándar de calidad de Amoníaco Total en función de pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce (mg/L de NH₃)

Temperatura (°C)	pH							
	6	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	10,0
0	231	73,0	23,1	7,32	2,33	0,749	0,250	0,042
5	153	48,3	15,3	4,84	1,54	0,502	0,172	0,034
10	102	32,4	10,3	3,26	1,04	0,343	0,121	0,029
15	69,7	22,0	6,98	2,22	0,715	0,239	0,089	0,026
20	48,0	15,2	4,82	1,54	0,499	0,171	0,067	0,024
25	33,5	10,6	3,37	1,08	0,354	0,125	0,053	0,022
30	23,7	7,50	2,39	0,767	0,256	0,094	0,043	0,021

Nota:

(*)El estándar de calidad de Amoníaco total en función de pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce, presentan una tabla de valores para rangos de pH de 6 a 10 y Temperatura de 0 a 30°C. Para comparar la temperatura y pH de las muestras de agua superficial, se deben tomar la temperatura y pH próximo superior al valor obtenido en campo, ya que la condición más extrema se da a mayor temperatura y pH. En tal sentido, no es necesario establecer rangos.

(**)En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Amoníaco-N (NH₃-N), multiplicar el resultado por el factor 1,22 para expresarlo en las unidades de Amoníaco (NH₃).

Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
FÍSICOS- QUÍMICOS				
Aceites y Grasas	mg/L	5		10
Bicarbonatos	mg/L	518		**
Cianuro Wad	mg/L	0,1		0,1
Cloruros	mg/L	500		**
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	100 (a)		100 (a)
Conductividad	(µS/cm)	2 500		5 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	15		15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40		40
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,2		0,5
Fenoles	mg/L	0,002		0,01
Fluoruros	mg/L	1		**
Nitratos (NO ₃ -N) + Nitritos (NO ₂ -N)	mg/L	100		100
Nitritos (NO ₂ -N)	mg/L	10		10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4		≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5		6,5 – 8,4
Sulfatos	mg/L	1 000		1 000
Temperatura	°C	Δ 3		Δ 3
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L	5		5

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
Arsénico	mg/L	0,1		0,2
Bario	mg/L	0,7		**
Berilio	mg/L	0,1		0,1
Boro	mg/L	1		5
Cadmio	mg/L	0,01		0,05
Cobre	mg/L	0,2		0,5
Cobalto	mg/L	0,05		1
Cromo Total	mg/L	0,1		1
Hierro	mg/L	5		**
Litio	mg/L	2,5		2,5
Magnesio	mg/L	**		250
Manganeso	mg/L	0,2		0,2
Mercurio	mg/L	0,001		0,01
Niquel	mg/L	0,2		1
Plomo	mg/L	0,05		0,05
Selenio	mg/L	0,02		0,05
Zinc	mg/L	2		24
ORGÁNICO				
Bifenilos Policlorados				
Bifenilos Policlorados (PCB)	µg/L	0,04		0,045
PLAGUICIDAS				
Paratión	µg/L	35		35
Organoclorados				
Aldrin	µg/L	0,004		0,7
Clordano	µg/L	0,006		7
Dicloro Difencil Tricloroetano (DDT)	µg/L	0,001		30
Dieldrin	µg/L	0,5		0,5
Endosulfán	µg/L	0,01		0,01
Endrin	µg/L	0,004		0,2
Heptacloro y Heptacloro Epóxido	µg/L	0,01		0,03
Lindano	µg/L	4		4
Carbamato				
Aldicarb	µg/L	1		11
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO				
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1 000	2 000	1 000
Escherichia coli	NMP/100 ml	1 000	**	**
Huevos de Helminthos	Huevo/L	1	1	**

(a): Para aguas claras. Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b): Después de filtración simple.

(c): Para el riego de parques públicos, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales, sólo aplican los parámetros microbiológicos y parasitológicos del tipo de riego no restringido.

Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

Nota 4:

- El símbolo ** dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.

- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.