



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Utilización Del Carbón Activado A Partir Del Bambú (*Guadua Angustifolia*
Kunth), Para Captar Arsénico De Las Aguas Subterráneas En El Distrito De
Pacora

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Ambiental

AUTORES:

Chau Mera, Enrique Guillermo (ORCID: 0000-0002-9552-7627)

Vásquez Puicón, Luis Vicente (ORCID: 0000-0002-1862-0633)

ASESOR:

Dr. Caján Alcántara, John William (ORCID: 0000-0003-2509-9927)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Tratamiento y gestión de los residuos

CHICLAYO - PERÚ

2020

Dedicatoria

El presente trabajo de investigación está dedicada a nuestros padres, por el continuo apoyo que nos han brindado, tanto emocional como económico, a lo largo de estos años de estudios universitarios, y porque gracias a ellos ha sido posible la culminación de este proyecto de investigación.

También es dedicado a todas las personas que nos han apoyado y han creído en nosotros en cada paso que hemos dado, como nuestros amigos, docentes y a nuestro asesor el Dr. John William Cajan Alcántara por su apoyo incondicional en estos dos ciclos de estudio.

Enrique Guillermo y Luis Vicente

Agradecimiento

Agradecemos principalmente a nuestros padres José Guillermo Chau Pérez y Hortencia Mera Rojas; Juan Vicente Vásquez Lochau y María Sonia Puicón Carpio por formarnos con muy buenos valores a lo largo de nuestra vida, educarnos y darnos los estudios universitarios para ser unos grandes profesionales en el futuro.

Agradecemos a todos nuestros docentes que nos han tenido a lo largo de la carrera y que hemos tenido el gusto de recibir sus conocimientos que nos servirán para toda nuestra vida.

Agradecemos a nuestro asesor John William Caján Alcántara por el apoyo y la paciencia que nos ha tenido para dirigirnos en estos dos ciclos, y que ejecute correctamente nuestra tesis para obtener el título de Ingeniero Ambiental.

Enrique Guillermo y Luis Vicente

Índice de contenidos

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA.....	19
3.1. Tipo y diseño de investigación	19
3.2. Variables y operacionalización.....	19
3.3. Población y muestra.....	22
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	23
3.5. Procedimiento	23
3.6. Métodos de análisis de datos.....	26
3.7. Aspectos éticos.....	26
IV. RESULTADOS	27
V. DISCUSIÓN	38
VI. CONCLUSIONES	39
VII. RECOMENDACIONES.....	40
REFERENCIAS.....	41
ANEXOS	44

Índice de tablas

Tabla 01: <i>Nombres comunes de la Guadua Angustifolia Kunth</i>	6
Tabla 02: <i>Taxonomía de la Guadua Angustifolia Kunth</i>	6
Tabla 03: <i>Características de la especie Guadua Angustifolia Kunth</i>	7
Tabla 04: <i>Propiedades Fisicomecánicas de la Guadua Angustifolia Kunth</i>	7
Tabla 05: <i>Potencial y uso del bambú, según la especie</i>	10
Tabla 06: <i>Ventajas y desventajas de los modos de activación</i>	17
Tabla 07: <i>Activación Física</i>	18
Tabla 08: <i>Activación Química</i>	18
Tabla 09: <i>Variable y operacionalización</i>	20
Tabla 10: <i>Procedimiento para determinar el arsénico del agua utilizando el kit de arsénico</i>	25
Tabla 11: <i>Diseño sobre el peso de las muestras</i>	27
Tabla 12: <i>Características de los carbones activados (granular y en polvo)</i>	28
Tabla 13: <i>Determinación del pH y resultado con dosis de 1.5gr. del carbón activado - polvo</i>	29
Tabla 14: <i>Determinación de pH y resultado con dosis de 2gr. del carbón activado - polvo</i>	31
Tabla 15: <i>Determinación de pH y resultado con dosis de 3gr. de carbón activado - polvo</i>	32
Tabla 16: <i>Aplicando el test de arsénico (mg/l/As) - dosis 3gr. del carbón activado - granular</i>	34
Tabla 17: <i>Aplicando el test de arsénico (mg/l/As) -dosis 4 gr del carbón activado - granular</i>	35
Tabla 18: <i>Medición de la conductividad del agua después de aplicar los carbones activados</i>	36

Índice de figuras

<i>Figura 01:</i> Mapa de la ubicación de las diferentes especies de Guadua	8
<i>Figura 02:</i> Partes del Bambú.....	9
<i>Figura 03:</i> Distribución de las materias primas del carbón activado.....	12
<i>Figura 04:</i> Contaminación desde la superficie.....	14
<i>Figura 05:</i> Contaminación por infiltración de partículas extrañas.....	14
<i>Figura 06:</i> Contaminación por río influente	14
<i>Figura 07:</i> Proceso de activación	17
<i>Figura 08:</i> Ubicación desde Google Maps del Pozo Pueblo Viejo.....	22
<i>Figura 09:</i> Elaboración del carbón activado a partir del bambú (Guadua Angustifolia Kunth)	23
<i>Figura 10:</i> Grado de activación y rendimiento del carbón activado en polvo (%) .	28
<i>Figura 11:</i> Grado de activación y rendimiento del carbón activado - granular (%)	29
<i>Figura 12:</i> pH de la muestra de la dosis 1.5gr. del carbón activado - polvo	30
<i>Figura 13:</i> Aplicación del test de arsénico con dosis de 1.5 g (mg/As) del carbón activado - polvo	30
<i>Figura 14:</i> pH de la muestra de la dosis 2g del carbón activado - polvo	31
<i>Figura 15:</i> Aplicación del test de arsénico con dosis de 2g (mg/As) del carbón activado - polvo	32
<i>Figura 16:</i> pH de la muestra de la dosis 3g del carbón activado - polvo	33
<i>Figura 17:</i> Aplicación del test de arsénico con dosis de 3 g del carbón activado – polvo (mg/As)	33
<i>Figura 18:</i> Resultados obtenidos en diferentes tiempos (Hrs) con dosis de 3gr. del carbón activado - granular.....	34
<i>Figura 19:</i> Resultados obtenidos en diferentes tiempos (Hrs) con dosis de 4gr. del carbón activado - granular.....	35
<i>Figura 20:</i> Conductividad del agua después del tratamiento ($\mu\text{mho/cm}$).....	36

Resumen

En la presente investigación se estudió la obtención de carbón activado a partir del bambú (*Guadua Angustifolia Kunth*) para la captación de arsénico de las aguas subterráneas del distrito de Pacora. Se realizó el análisis de los carbones activados obtenidos y se determinó la influencia de las variables (factores): temperatura (500 y 700°C), tiempo de activación (60 y 90 minutos) y concentración de H₃PO₄ (25 y 50 por ciento) sobre las propiedades de los carbones ensayados. Se evaluó la capacidad de captación de arsénico de los carbones activados obtenidos, mediante la prueba de arsénico, con la ayuda del kit de arsénico para establecer que muestra removió una cantidad favorable de dicho metal pesado. Los carbones activados con mayor poder de remoción, fueron la muestra M 3 (carbón activado en polvo) y la muestra M 4 (carbón activado polvo), ambos obtenidos con un 50 por ciento de concentración de agente activante (H₃PO₄) empleando un tiempo de activación de 60 minutos para la muestra M 3, para la muestra M 4 se empleó un tiempo de 90 minutos y a una temperatura constante de 700°C para las 2 muestras. Estos carbones presentaron las siguientes propiedades físico-químicas: potencial de hidrógeno (pH) para dosis de 1.5g fue de 6.969 (M 3) y 6.842 (M 4), para la dosis de 2g fue de 6.956 (M 3) y 6.885 (M 4), para la dosis de 3g fue de 6.98 (M3) y 6.95 (M4), además de que obtuvieron un rendimiento del 53.54% (M 3) y 51.86% (M 4) con un grado de activación de 46.46% (M 3) y 48.14% (M 4). De acuerdo a los resultados obtenidos, las muestras M 3 y M 4 (carbón activado polvo), fueron las muestras con más remoción de arsénico que se obtuvieron, esto es debido a la absorción que contiene las muestras M 3 y M 4 (carbón activado polvo), ya que el carbón activado en polvo pertenece a los carbones microporosos y esta porosidad se puede conocer de manera indirecta por grado de activación que se refiere a las pérdidas en la combustión.

Palabras clave: Bambú, guadua, temperatura, dosis de carbón activado, concentración.

Abstract

In the present investigation we studied the obtaining of activated carbon from (*Guadua angustifolia Kunth*) bamboo for the arsenic uptake of the underground waters of the Pacora district. The analysis of the activated carbon obtained was performed and the influence of the variables (factors) was determined: temperature (500 and 700 ° C), activation time (60 and 90 minutes) and concentration of H₃PO₄ (25 and 50 percent) on the properties of the tested coals. The arsenic uptake capacity of the activated carbons obtained was evaluated by means of the arsenic test with the help of the arsenic kit to establish that the sample removed a favorable amount of said heavy metal. The activated carbons with greater removal power were the M 3 sample (powder activated carbon) and the M 4 sample (powder activated carbon), both obtained with a 50 percent concentration of activating agent (H₃PO₄) using a time of activation of 60 minutes for the sample M 3, for the sample M 4 a time of 90 minutes was used and at a constant temperature of 700 ° C for the 2 samples. These carbons had the following physical-chemical properties: hydrogen potential (pH) for a dose of 1.5g was 6,969 (M 3) and 6,842 (M 4), for the dose of 2g it was 6,956 (M 3) and 6,885 (M 4), for the 3g dose it was 6.98 (M3) and 6.95 (M4), in addition to obtaining a yield of 53.54% (M 3) and 51.86% (M 4) with an activation degree of 46.46% (M 3) and 48.14% (M 4). According to the results obtained, the samples M 3 and M 4 (activated carbon powder), were the samples with more arsenic removal that were obtained, this is due to the absorption that contains the samples M 3 and M 4 (activated carbon powder), since powdered activated carbon belongs to microporous carbons and this porosity can be known indirectly by degree of activation that refers to combustion losses.

Keywords: Bamboo, guadua, temperature, activated carbon dose, concentration.

I. INTRODUCCIÓN

El arsénico representa un peligro considerable para el público y su salud en general cuando se encuentra en aguas subterráneas corrompidas por estas mismas. (ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, 2018)

La ciudad de Bangladesh lleva varios años sufriendo por la contaminación producida por el arsénico presente en sus conductos de agua subterránea. UNICEF trabaja para finalizar este dilema. Sin embargo, Bangladesh es un estado distinto en donde la obtención de aguas subterráneas había sido un éxito: su subsuelo es excesivamente rico en arsénico, un tipo de elemento químico que contamina las aguas causando peligro y un muy probable envenenamiento a quienes las consumen durante largos lapsos de tiempo. (UNICEF, 2018)

La contaminación de aguas subterráneas mediante por efectos naturales o por acciones humanas son en gran medida habituales dado que cada vez la población va creciendo y al mismo tiempo ocasiona más consumo hídrico y por lo tanto más residuos contaminantes. (Orozco, 2005)

El arsénico está presente en algunas regiones del Perú, no escapa la región Lambayeque, específicamente en los distritos de Mórrope, Mochumí, Íllimo y Pacora; éste último distrito se aprecia que los pozos tubulares tienen alto contenido de arsénico y que de alguna manera está provocando la presencia de algunas enfermedades en la población.

La población de Pacora recibía el agua en sus viviendas por el funcionamiento de los pozos tubulares N° 01 y N° 02. Este último, sin embargo, fue paralizado el 26 de noviembre del 2018, al presentar una elevada concentración de arsénico. No tardaría mucho en pasar lo mismo con el pozo restante, donde se advirtió que la concentración del metal llegaba a los 0.03 miligramos por litro, es decir, el triple de lo permitido para estimar que el agua es apta para el consumo. (0.01 miligramos por litro). (Diario Correo, 2019)

Formulación del problema

¿De qué manera la utilización del carbón activado a partir del bambú (*Guadua angustifolia Kunth*) permite captar arsénico de las aguas subterráneas del distrito de Pacora?

La presente investigación se justifica en el aspecto social porque busca captar el arsénico de las aguas subterráneas del pozo Pueblo Viejo del distrito de Pacora a través de la utilización del carbón activado a partir del bambú (*Guadua Angustifolia Kunth*) y que cumpla con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y los valores Límites Máximos Permisibles (LMP), para minimizar el problema que se viene observando, ya que estas aguas son extraídas directamente desde los pozos subterráneo del distrito de Pacora, lo cual resulta dañino para la agricultura y salud de los pobladores, así también como para el ambiente.

Así mismo con la utilización del carbón activado a partir del bambú (*Guadua Angustifolia Kunth*) se propone con el fin de captar el arsénico de las aguas subterráneas del pozo Pueblo Viejo del distrito de Pacora para minimizar el impacto negativo que este genera en el ambiente en la calidad del agua, además de esta forma se podrá utilizar para las diversas actividades que se realizan en el distrito de Pacora.

Hipótesis

Ha: Si se utiliza el carbón activado a partir del bambú (*Guadua Angustifolia Kunth*) entonces se logrará captar arsénico de las aguas subterráneas del distrito de Pacora.

Ho: La no utilización del carbón activado a partir del bambú (*Guadua Angustifolia Kunth*), entonces no se logrará captar arsénico de las aguas subterráneas del distrito de Pacora.

Objetivo general:

- Determinar la utilización del carbón activado a partir del bambú (*Guadua Angustifolia Kunth*) para lograr captar arsénico de las aguas subterráneas del distrito de Pacora.

Objetivos específicos:

- Identificar las características fisicoquímicas del agua subterránea del pozo Pueblo Viejo del distrito de Pacora, antes de la utilización del carbón activado a partir del bambú (*Guadua Angustifolia Kunth*).
- Aplicar el carbón activado a partir del bambú (*Guadua Angustifolia Kunth*) para la captación de arsénico en el agua subterránea del pozo Pueblo Viejo del distrito de Pacora mediante la Prueba de Jarras.
- Evaluar la calidad fisicoquímica del agua subterránea del pozo Pueblo Viejo del distrito de Pacora, después de la utilización del carbón activado a partir del bambú (*Guadua Angustifolia Kunth*).
- Comparar los resultados de la aplicación antes y después de la utilización del carbón activado a partir del bambú (*Guadua Angustifolia Kunth*) en la captación de arsénico.

II. MARCO TEÓRICO

Carvajal (2018), en su tesis llega a la conclusión: “se evidenció que la adsorción de los compuestos fenólicos está relacionada con el contenido de microporos, el contenido de grupos ácidos y básicos sobre la superficie del carbón activado y el pH de adsorción; además, a partir de los valores obtenidos para las entalpías de inmersión en las soluciones de adsorbato, se evidenció que las interacciones entre los adsorbentes y los compuestos fenólicos son de tipo Van der Waals y por lo tanto, son procesos reversibles.

Por su parte, Escalera (2016), En su tesis titulada: “Remoción de arsénico en aguas subterráneas con hierro”, nos da la siguiente conclusión: Su remoción de As total y Fe total fueron significativas (33-41% y 46-78%, respectivamente), reutilizando sólo la presencia de Fe total que se puede filtrar en las aguas subterráneas, se puede apreciar que el método de fluidos es adecuado para las salidas hasta de 160 l/d, bajo los requisitos descritos.

Por otro lado, Sahún, Gómez, Lillo y Olmo (2004) en su artículo científico concluyeron lo siguiente: Se han detectado contenidos de arsénico anormalmente elevados en las aguas subterráneas del sector sureste de la cuenca del Duero, que en muchos casos las hacen inadecuadas como aguas para el consumo humano. En gran medida, se trata de arsénico de origen natural relacionado con los contenidos de arsénico en el sustrato rocoso, aun cuando no es posible descartar que local y ocasionalmente haya aportaciones contaminantes de origen antrópico.

Por su parte, Chávez (2013), en su investigación utilizó el activado, llegando a la conclusión: que las membranas semipermeables no influyen en la adsorción del SDBS con carbón activado, luego de realizar pruebas de adsorción de SDBS; además se concluye que la variación del pH no afecta la adsorción.

El Bambú

El bambú se desarrolla en diversos continentes y con irregularidad en Europa; encontrándose principalmente en los estados de espacio tropical, subtropical; y a su vez en climas tibios y de baja temperatura. (MINAG, 2008)

Existen 90 géneros y 1 250 especies de bambú, los cuales se encuentran asignados de esta forma: 63% en los países Asiáticos, 32% en el continente Americano y 5% en el continente Africano y Oceánico. (MINAG, 2011)

Las características más resaltantes del bambú es que pueden aumentar en gran tamaño como plantas, apartadas muy dentro del bosque, entre la diversidad de la flora y a orillas de los riachuelos. También son capaces de formar un bosque conformados únicamente de bambúes (Bambusiformes del Río de Los Amigos, 2008). Crean ecosistemas vívidos y en extremo especializados. Se comportan como grandes reguladores del recurso hídrico (Impregnando el agua en exceso y previniendo posibles crecidas); Evitan la erosión del campo en donde esta habite y la desertificación. (Debido a las ramificaciones que estas presentan). Aportan gran porción de biomasa al contorno en donde se desarrollan y finalmente son en su mayoría los más grandes fijadores de CO₂ ambiental del mundo.

Con respecto a la propagación del bambú; ésta se realiza en dos formas:

Propagación sexual o por semilla; Las plantas de bambú producen granos o frutos semejantes a los del arroz, que pudieran ser empleados como semillas para su propagación. Sin embargo, la constitución de las semillas en la *Guadua Angustifolia* es reducida y limitada, por lo tanto, este no es un procedimiento por el cual se pueda propagar. (PROMOCIÓN DE LA REHABILITACIÓN Y MANEJO , 2014)

La propagación asexual o por fracción vegetativa, se puede dispersar por toda la planta. Los más empleados son las áreas de los juncos. Además, se puede transmitir asexualmente in vitro o mediante cultivos de tejidos únicamente en laboratorios. (PROMOCIÓN DE LA REHABILITACIÓN Y MANEJO , 2014)

Las especies de bambú existentes en el Perú, es el *Guadua Angustifolia Kunth* forma una de las especies de bambú más importantes del continente Americano, propio de este continente y constituido al menos por unas 30 especies. (Añazco, 2014)

Tabla 01: *Nombres comunes de la Guadua Angustifolia Kunth*

País	Nombres regionales
Argentina y Brasil	Tabora y tacuara
Perú	Paca o caña de Guayaquil
Amazonía	Yaripa
Ecuador	Caña guadua, caña mansa, caña brava
Colombia	Guadua
Costa rica	Guadua
Venezuela	Jua-jua, Puru-puru

Fuente: (Pérez, 2014)

Tabla 02: *Taxonomía de la Guadua Angustifolia Kunth*

Clasificación	Detalle de la especie
Reino	Vegetal
División	Espermatofita
Clase	Monocoltiledoneae
Subclase	Commelinidae
Familia	Gramineae o Poaceae
Subfamilia	Bambusoideae
Tribu	Bambuseae
Subtribu	Guaduinae
Género	Guadua
Especie	Angustifolia
Variedades	Bicolor y negra

Fuente: (Forero G, 2007)

Tabla 03: *Características de la especie Guadua Angustifolia Kunth*

Características	Detalle de la especie
Nativa de	En Colombia es la más significativa en su tipo.
Estadio natural	Mayormente en Ecuador a Venezuela entre los 0 y 2 000 m.s.n.m.
De su región	La cual es el Centro de los Andes, también es llamada como el eje cafetero Colombiano.
Crecimiento	15 a 20 m en 120 días.
Desarrollo óptimo	La planta alcanza entre los 500 y 1 500 metros.
Diámetro máximo	20 cm.
Aprovechamiento	Entre 4 a 5 años.
Altitud ideal	Entre los 400 y 1 200 m.s.n.m.
Temperatura optima	Se desarrolla de mejor manera entre 17 a 26°C.
Suelos	Con fertilidad moderada y buen drenaje.

Fuente: (Gonzáles, 2005)

Tabla 04: *Propiedades Fisicomecánicas de la Guadua Angustifolia Kunth*

Propiedades Mecánicas	(kg/cm²)
Capacidad a la compresión	825
Capacidad a la flexión	856
Capacidad a la tensión	2 038 - 3 058

Fuente: (Gonzáles, 2005)

Distribución y hábitat de la *Guadua Angustifolia* Kunth

Forma una de las especies de bambú nativas más significante del continente Americano, es propia de este continente, con alrededor de 30 especies muy bien divididas que van desde México hasta Argentina, esta especie en buena parte en los países de Asia. (Añazco, 2015)

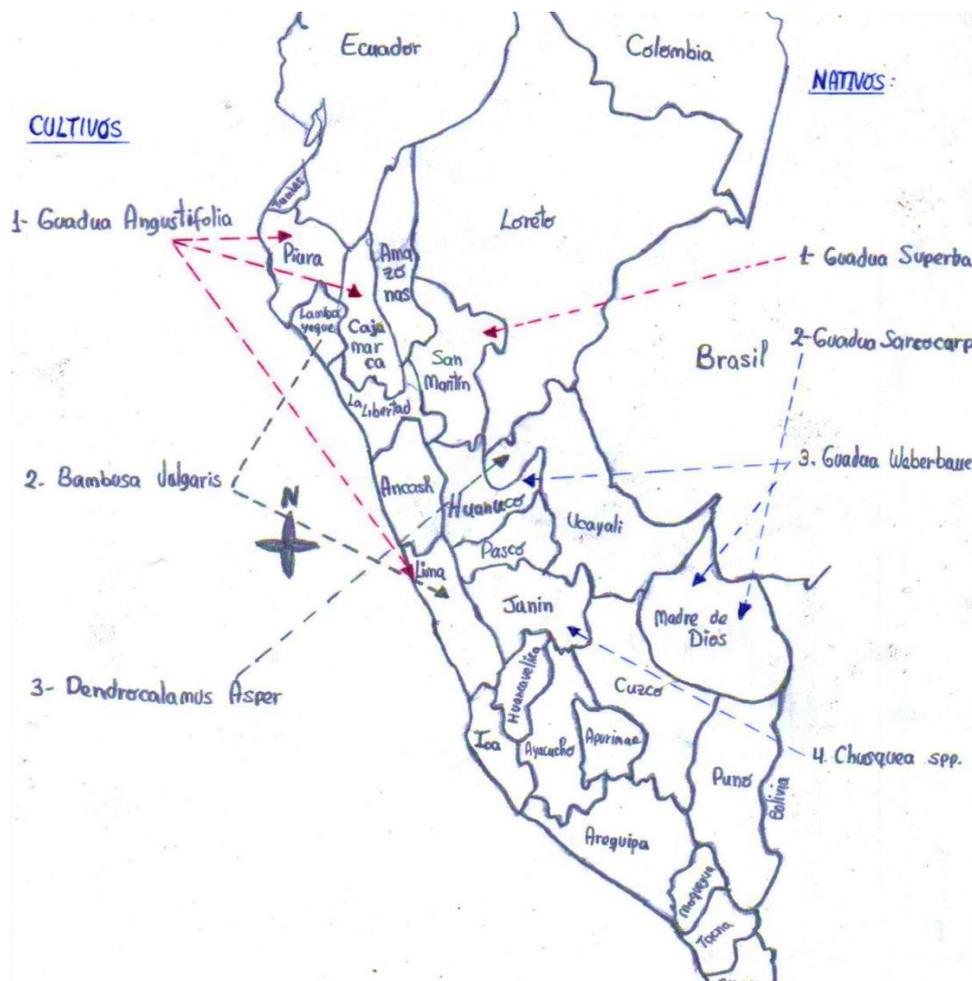


Figura 01: Mapa de la ubicación de las diferentes especies de *Guadua*

Fuente: (Mercedes, 2006)

El bambú se divide en las siguientes partes:

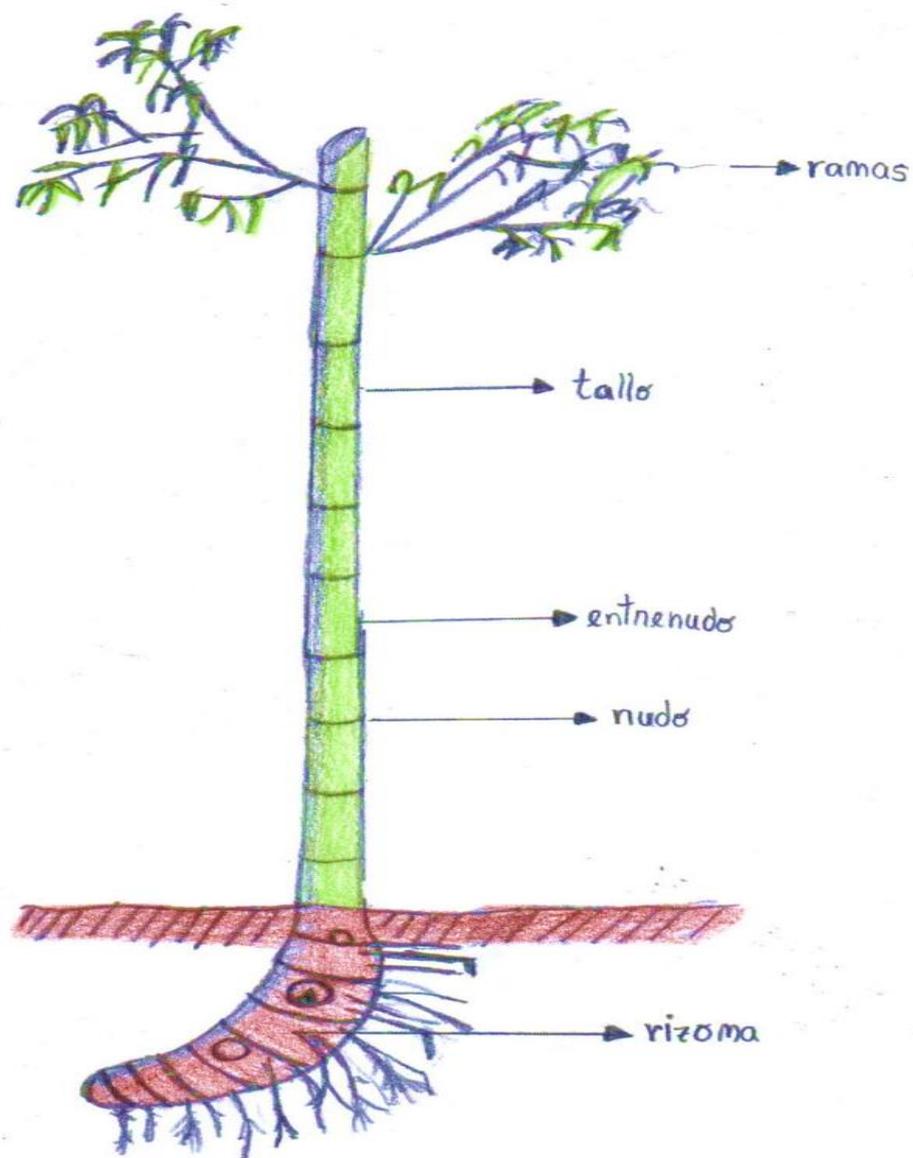


Figura 02: Partes del Bambú

Fuente: Elaboración propia

Tabla 05: *Potencial y uso del bambú, según la especie*

Línea de Uso	Especie de Bambú
a) Para construcción	Guadua superba, Chusquea sp, Dendrocalamus asper, Guadua angustifolia
b) Pulpa para papel	Bambusa vulgaris, Guadua angustifolia
c) Tableros aglomerados	Bambusa vulgaris, Guadua angustifolia, Dendrocalamus asper
d) Recuperación de áreas degradadas	Guadua angustifolia, Dendrocalamus asper, Bambusa vulgaris
e) Muebles	Chusquea sp, Bambusa vulgaris, Phyllostachys aurea, Guadua angustifolia
f) Artesanías	Chusquea sp, Merostachys sp, Arthrostylidium, sp, Rhipidocladum sp, Elytostachys sp, Bambusa vulgaris
g) Forraje	Chusquea sp, Guadua angustifolia, Bambusa vulgaris
h) Ambiental	Phyllostachys aurea, Bambusa vulgaris; Guadua angustifolia.
i) Estabilización de suelos y ribera de los ríos	Guadua superba, Guadua angustifolia, Dendrocalamus asper.
j) Industrias alimentarias	Guadua angustifolia. Los brotes de algunas especies de bambú, son nutritivos y con un gran alto contenido de fibras, además de ser bajas en grasas.
k) Biocombustible	Para el rubro de los biocombustibles (energía eléctrica) están incluidas todas las especies de bambú sean nativas y exóticas, con oportunidades de mercado regional, nacional e internacional.

Fuente: Elaboración propia

Carbón activado

Este es un compuesto conformado por una serie de carbones porosos los cuales son sujetos a procesos de activación, a través de procesos de elevada temperatura en un espacio hermético (libre de oxígeno) para que el carbono no entre en combustión y que así se pueda mostrar un elevado grado de porosidad y una alta superficie en el interior. (Optimización de la producción de carbón activado a partir de Bambú., 2010)

Además, este material se logra obtener por carbonización de distintas especies de madera, que posteriormente son molidas a un tamaño fácil de manipular para su posterior activación.

El alto porcentaje de poder que tiene el carbón con respecto a la adsorción y el hecho de que pueda ser reutilizado, le permite que pueda ser utilizado en diferentes tratamientos los cuáles son eficaces y que a su vez implican bajos costos. Entre sus propiedades propias tenemos que son únicas y dependen mucho de la fuente de la materia prima a utilizar. (Prías, J, 2011)

Propiedades y Usos

El carbón ha sido usado como como un compuesto adsorbente desde hace ya muchos años y se ha mejorado hasta lo que hoy en día se conoce como carbón. (Prías J. 2011)

Se ha utilizado en diversas áreas que van desde los tratamientos en medicinas, el tratamiento en diferentes tipos de aguas residuales y subterráneas, hasta la erradicación de olores desagradables, también funciona como un producto decolorante en la industria azucarera para la erradicación o recuperación de diversos compuestos orgánicos como disolventes, en la industria química y farmacéutica, entre otros. (Prías J. 2011)

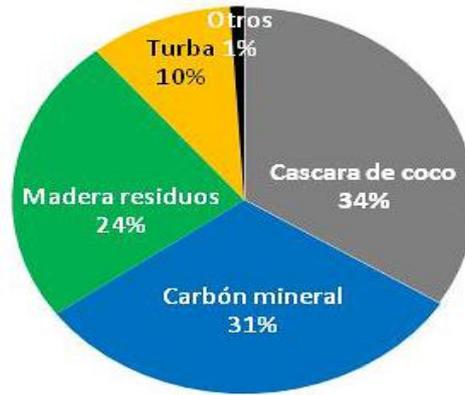


Figura 03: Distribución de las materias primas del carbón activado.

Fuente: (Menéndez, 2008)

Obtención

Conforme al origen de la materia prima, el carbón activado puede ser adquirido de dos formas: Por medio de activación física o por activación química. (Luttermann, 1997)

Por activación química: que consiste en la carbonización de dicho material el cual primeramente será mezclado con un agente activante.

Por activación física: El cual incluye un tratamiento por el cual el material será carbonizado con gases oxidantes, los cuáles son por ejemplo: El CO₂ y el vapor de agua.

Clasificación

- Carbones activados en polvo
- Carbones activados granulares

Adsorbentes basados en carbón activado.

Una de las propiedades o característica del compuesto mencionado es la de aglomerar en su área uno o más compuestos de la sustancia que entra en contacto con él. A este suceso también se le conoce como poder adsorbente. Esta cumple la función de limpiar todas las impurezas y también de decolorar los sólidos, líquidos u otros gases que entren en contacto con él.

El arsénico

Este compuesto se encuentra en la atmósfera, suelos, minerales y organismos tanto de formas orgánica e inorgánica. (Martín, J. 1990)

Importancia de los metales pesados

El ingreso de metales tóxicos o pesados al ciclo del agua provienen de diferentes fuentes, siendo en su mayoría de origen natural, por ejemplo: La erosión del suelo, el cual deja minerales libres que posteriormente son arrastrados por las abundantes lluvias hasta los riachuelos o en su consecuencia a los cauces de agua.

Es fundamental el estudio de este tipo de metales, debido a su elevada toxicidad, el tiempo que puede permanecer y su rápida acumulación por los organismos vivos. (Morelli, M. 2000)

Aguas contaminadas subterráneas

Sánchez (2017) afirma que hay una gran diferencia entre la contaminación o la intoxicación de las aguas subterráneas y las aguas superficiales que hacen que estas primeras tengan mayor prioridad:

Con respecto a la forma en la que se puede detectar, las aguas que están en la superficie se pueden percibir de inmediato, por lo cual se pueden tomar medidas que ayuden de forma inmediata y muy eficazmente. En cambio, en las aguas que son subterráneas, cuando el problema es detectado, pueden muy fácil haber transcurrido un largo período de tiempo. (Meses u años)

Modos de contaminación de aguas subterráneas

Sánchez (2017) menciona que: Las aguas que son subterráneas no se encuentran directamente relacionadas a las causas o los efectos de las actividades realizadas por el hombre las cuales son generalmente efectuadas en la superficie. Sin embargo, estas sustancias que son altamente tóxicas llegan a los acuíferos de diferentes formas:

- Filtración de partículas extrañas depositadas en la superficie, o a causa de la lluvia.

- Desde el terreno que se encuentre en la superficie a través de depósitos o captaciones que ya no se estén utilizando o en su defecto se encuentren mal construidas.

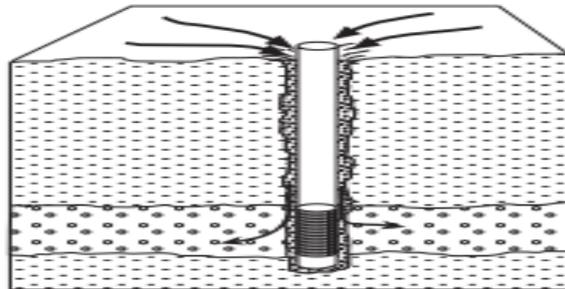


Figura 04: Contaminación desde la superficie

Fuente: Elaboración propia

- Infiltración de partículas extrañas que se encuentren almacenadas bajo tierra, o la disolución de estas mismas debido al flujo natural del agua a nivel subterráneo.

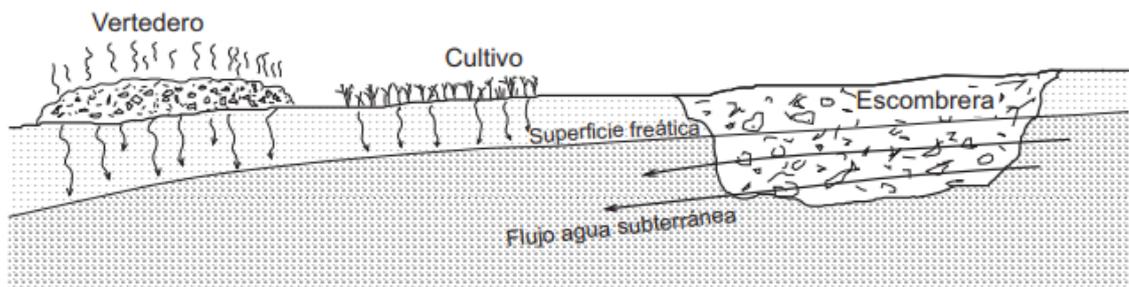


Figura 05: Contaminación por infiltración de partículas extrañas

Fuente: Elaboración propia

- También se puede filtrar debido a la contaminación por un río influente.

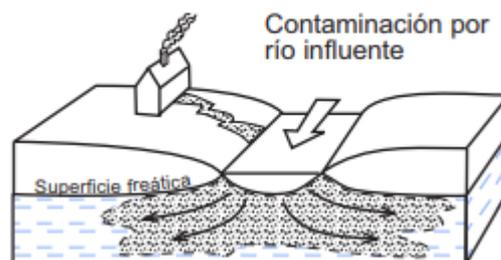


Figura 06: Contaminación por río influente

Fuente: Elaboración propia

- Debido a derrames que se producen de manera accidental los depósitos ya sea que se encuentren de manera superficial o estén bajo tierra.

Actividades contaminantes de las aguas subterráneas

Según Sánchez (2017), entre las actividades principalmente generadas por el hombre que generan una gran contaminación en este tipo de aguas podemos mencionar las siguientes:

Residuos sólidos urbanos: Son generalmente depositados en la capa superficial, aquí el agua se contamina debido a los líquidos que provienen de los mismos residuos o debido al agua de la lluvia que se infiltra a través de ellos y que llega a arrastrar diversos tipos de contaminantes ya sean inorgánicos u orgánicos.

Aguas residuales: Este tipo de aguas que son de viviendas o “núcleos urbanos” se suelen verter en su gran mayoría a un cauce o en una fosa séptica. En varias oportunidades, gracias a una ligera depuración de estas últimas, se esparcen en la superficie para aprovechar el poder de la filtración del suelo. El resultado de la depuración que son “los lodos” posteriormente llega a representar otra fase del problema mencionado.

Además, estas generan diversas sustancias que generan un gran peligro para las aguas subterráneas debido a que contienen: detergentes, bacterias y muchos tipos de materia orgánica disuelta.

Actividades agrícolas: Son en su mayoría difíciles de manejar ya que el nivel de contaminación se encuentra en un gran territorio.

Fertilizantes: Estos hacen que el agua posea sustancias que a gran volumen resulten contaminantes como lo son el Nitrógeno, Fósforo y Potasio. En muchos casos se han encontrado que hasta más del 50% de los nitratos que son utilizados llegan al acuífero por infiltración.

Plaguicidas: Aquí encontramos a los insecticidas, fungicidas, bactericidas, herbicidas, etc. El grado en que los compuestos de estos productos pueden llegar a perdurar es de entre una semana a varios años. En muchas ocasiones, el resultado que se obtiene al degradar el producto puede ser mucho más peligroso que el producto original.

Ganadería: Debido a los residuos que generan los animales se llegan a producir diversos compuestos como lo son: fosfatos, compuestos nitrogenados, bacterias y en casos poco particulares metales pesados. Por lo general no producen problemas de gravedad, excepto en grandes instalaciones.

Actividades industriales y mineras: Los medios por lo que se logran contaminar y las partículas extrañas que logran contaminar son tan diferentes como los arquetipos de industrias. Se pueden ocasionar efluentes de diversos tipos como lo son de las grasas de los mataderos o de otro producto químico en estado líquido. Cuando estas partículas extrañas son sólidas, el principal problema yace en las lluvias que son infiltradas por las escombreras, el cual se encarga de disolver sustancias contaminantes para así alcanzar el acuífero subyacente.

Actividades nucleares Por último en países donde existan reactores nucleares u otros arquetipos de industrias que utilicen combustible de tipo nuclear y que producen residuos que son de muy baja actividad y el combustible usado que a diferencia del anterior es de muy alta actividad y se debe de tener un cuidado especial en lugares donde no haya flujo de agua subterránea alguno como por ejemplo: En las rocas ígneas, formaciones arcillosas y salinas.

Carbonización o Pirólisis.

Según (Menéndez 2008), se le denomina pirolisis o carbonización al proceso en donde se calientan materiales de tipo orgánico sin la presencia del aire. Por lo común se emplea este tipo de término cuando se enfoca en la adquisición de diferentes tipos de gases o aceites los cuáles son resultados de este proceso y se llama carbonización al proceso que se orienta a la adquisición del producto sólido resultante, es decir carbonizado, idéntico al caso del carbón vegetal.

Proceso de activación

Entre los diversos procesos de activación encontramos la del carbón vegetal el cuál es utilizado para producir carbón activado y el que tiene un papel importante ya que puede ser usado de diversas formas como en filtros de aguas, decolorantes de algunos vinos, desodorizantes y en otros en donde se valore la adsorción.

Para conseguir la carbonización de este tipo de materia prima, se precisa que haya una descomposición físico-química que esté bajo la acción del calor y en ausencia de un medio que sea oxidante.

Este proceso se lleva a cabo entre las temperaturas de 400°C hasta 600°C y en un tiempo que tiene una variedad ya sea desde días hasta horas, esta carbonización crea productos que se pueden encontrar en diferentes estados (Gas, líquido y carbón) y que las cantidades que se produzcan mucho del material a tratar y de los parámetros de operación del equipo a utilizar.



Figura 07: Proceso de activación

Fuente: Elaboración propia

Acorde a la naturaleza del material o de la materia prima; la adquisición del carbón activado se puede dar principalmente de dos maneras: Por medio de la activación química o ya sea por la activación física.

Tabla 06: Ventajas y desventajas de los modos de activación

Ventajas y desventajas de los métodos de activación	
Ventaja	Desventajas
Bajos costos de operación de planta, debido a que existen pocas operaciones críticas de control.	Durante todo el proceso de activación hay que mantener temperaturas de 900°C, lo que lleva a un costo significativo de la maquinaria; altos costos de máquina.

Fuente: Morelli (2000).

Tabla 07: Activación Física

Agentes activantes	
Aire	No muestra costos relevantes sin embargo se produce una reacción exotérmica, muy difícil de controlar
CO2	Por ser gas inerte, evita los problemas de temperatura que ocasiona el aire como agente activante. El problema radica en el costo del gas.
Vapor de agua	El vapor de agua opera a temperaturas cercanas a los 1000°C, la reacción producida es endotérmica, lo que nos permite controlar el proceso con mayor facilidad. Así mismo, en comparación con el costo de CO2, el vapor de agua resulta más rentable.

Fuente: Morelli (2000).

Tabla 08: Activación Química

Ventajas	Desventajas
Se puede recuperar gran parte del agente activante, llevando esto a una disminución en los costos por insumos; costo de maquinaria son menores.	Costos de control de operaciones críticas en las etapas de activación y carbonización.

Fuente: Morelli (2000).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

- Tipo: aplicada
- Diseño: Pre experimental



Donde:

O₁ = Análisis físico químico antes de la aplicación del carbón activado a partir del bambú (*Guadua Angustifolia Kunth*).

X = Tratamientos.

O₂ = Análisis físico químico después de la aplicación del carbón activado a partir del bambú (*Guadua Angustifolia Kunth*).

3.2. Variables y operacionalización

Variable Dependiente: Captación de arsénico en las aguas subterráneas en el distrito de Pacora

Variable Independiente: Carbón activado a partir del bambú (*Guadua Angustifolia Kunth*)

Tabla 09: Variable y operacionalización

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDICIÓN	ESCALA DE MEDICIÓN
VARIABLE INDEPENDIENTE	CARBÓN ACTIVADO	Este es un compuesto conformado por una serie de carbones porosos los cuales son sujetos a procesos de activación, a través de procesos de elevada temperatura en un espacio hermético (libre de oxígeno) para que el carbono no entre en combustión y que así se pueda mostrar un elevado grado de porosidad y una alta superficie en el interior	Características del carbón activado	Tamaño de partícula	mg	razón
				Dosis	mg/L	
	BAMBÚ (GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH)	El proceso que se lleva a cabo es la pirolisis que consiste en la carbonización del carbón activado a partir del bambú (<i>Guadua Angustifolia Kunth</i>) con un agente activante, a este proceso de le denomina: activación química y es el que determinará la captación del arsénico en las aguas subterráneas del distrito de Pacora.	Características del bambú (<i>Guadua</i>	Tamaño de partícula Dosis	mg mg/L	
		En el siglo XVIII, un botánico de origen alemán, cuyo nombre es Karl S. Kunth estableció que la <i>Guadua Angustifolia Kunth</i> integra el género de bambú más influyente de todo el continente Americano, y constituido por alrededor de 30 especies. (Añazco, 2014)	<i>Angustifolia Kunth)</i>	Tamaño de partícula	mg	

VARIABLE INDEPENDIENTE

ARSÉNICO DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

Este compuesto se encuentra en la atmósfera, suelos, minerales y organismos tanto de formas orgánica e inorgánica. Según estudios el arsénico tiene sencilla movilización en condiciones normales. Aunque como personas hemos tenido un gran efecto en la generación de arsénico tóxico a través de la actividad minera, mediante el uso de combustibles fósiles, desecantes agrícolas y herbicidas, así también como el uso del arsénico en insumos de alimentos para aves de corral y ganado (Rangel, A. et al, 2008)

Se debe esterilizar las botellas usadas para el muestreo antes de tomar las muestras. Durante el llenado de las botellas no se debe dejar de agitar la muestra, para garantizar la homogeneidad. Las botellas de muestras son de 500ml (serán 10 botellas en total), y serán llenadas hasta el cuello. Para la preservación y conservación de la muestra (500ml) se agregará HNO₃ (ácido nítrico), hasta pH < 2, 4°C (refrigerar), teniendo un

Análisis físico

Conductividad

µmho/cm

Intervalo

Análisis químico

pH

unidad

razón

3.3. Población y muestra

Población

La población de estudio está compuesta por aguas subterráneas del pozo Pueblo Viejo que se encuentra en el distrito de Pacora.

Muestra

La muestra estará conformada por 20 litros de agua subterránea del pozo Pueblo Viejo del distrito de Pacora, que se recolectó para realizar los análisis correspondientes.

Localización

La zona de estudio se realizó en el pozo Pueblo Viejo del distrito de Pacora, de la cual se obtendrán las muestras del agua subterránea.

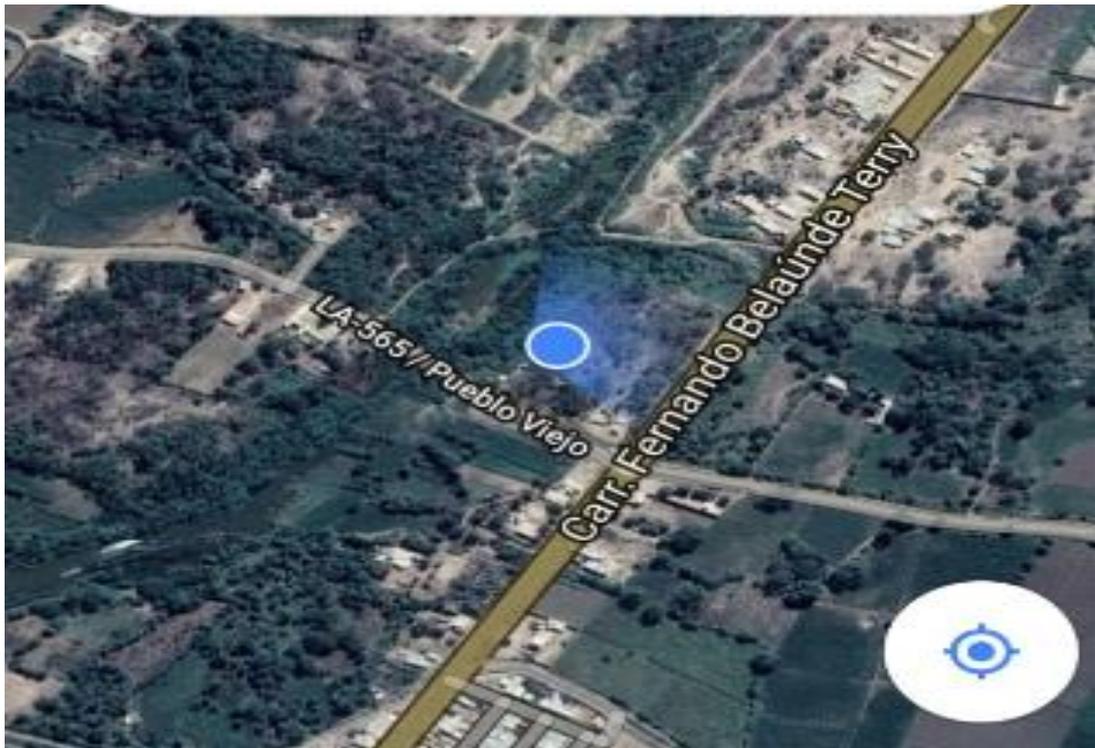


Figura 08: Ubicación desde Google Maps del Pozo Pueblo Viejo

Fuente: Google Maps

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Las técnicas de recolección de datos son de gabinete y de campo.

- Técnica de campo
- Observación

Recolección de muestras

La recolección de muestras se llevó a cabo en el pozo del distrito de Pacora, mediante 2 bidones de 10 litros cada uno, además de sellar la tapa del bidón con una bolsa plástica para evitar que el agua se desparrame en el trayecto, para luego realizar su posterior análisis. Anexo N°1 y 2

3.5. Procedimiento

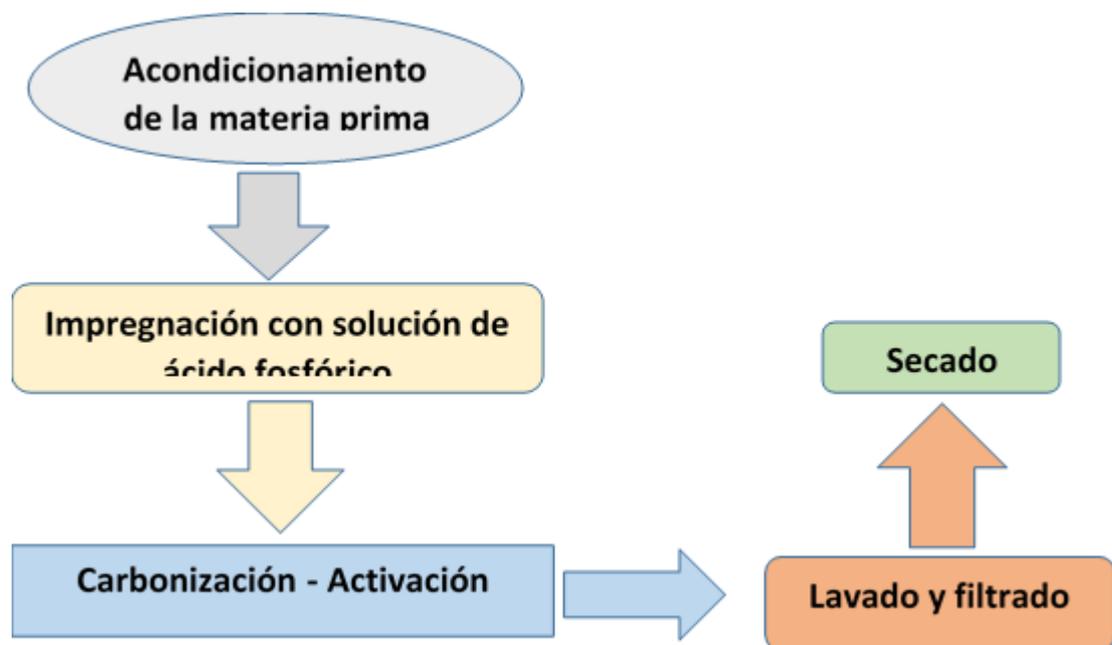


Figura 09: Elaboración del carbón activado a partir del bambú (*Guadua Angustifolia Kunth*)

Fuente: Elaboración propia

Etapas del procedimiento

a) Acondicionamiento de la materia prima

El material se colocó en un lugar abierto en donde se podía secar naturalmente para posteriormente llevarse al laboratorio en un ambiente

donde circula el aire para terminar su secado, buscando de esta manera un contenido de humedad constante. **Anexo N°3**

Luego la materia prima fue picada en pequeños trozos, para llegar a obtener partículas asimétricas de bambú. **Anexo N°4**

Posteriormente el bambú picado fue colocado en cápsulas de porcelana, para luego pesar 20gr de bambú en la balanza. Se hicieron dos tipos de muestras:

- Granular
- Polvo

b) Impregnación con solución de ácido fosfórico (H₃PO₄)

La cantidad muestra empleada para cada ensayo fue de 20 g. y estando a un contenido de humedad de 14 por ciento y con tiempo de impregnación de 24 horas. **Anexo N°5**

La fórmula para hallar el contenido de humedad es la siguiente:

$$\%H = \frac{P_1 - P_f}{p_1} \times 100;$$

Por lo que en realidad se trabajó con 17.2g, ya que debía estar al 14% humedad.

La fórmula para calcular la cantidad de la solución empleada que usaremos para cada muestra es la siguiente:

$$\%P/V = \frac{\text{Peso o Volumen Soluta}}{\text{Volumen Solución}} \times 87;$$

se deseaba calcular el volumen del soluto, por lo que se utilizó 200 ml de agua destilada y 115 ml de Ácido Fosfórico (H₃PO₄) al 87%, obteniéndose en total 315 ml y que se distribuyó equitativamente a cada muestra, siendo un total de 78.75 ml de impregnación durante 24 horas. **Anexo N°6**

Análisis de Laboratorio:

Los análisis del laboratorio se realizaron tomando en cuenta las muestras tomadas del pozo Pueblo Viejo del Distrito de Pacora, el cual determinará la

contaminación de arsénico de las aguas subterráneas de dicho pozo, y posteriormente se realizaron análisis correspondientes para determinar su grado de contaminación de dicho metal pesado. Los análisis que se realizaron en el laboratorio son los siguientes:

✓ **Determinación de pH**

Las mediciones del pH de todas las aguas se realizaron con el peachímetro del laboratorio de Biotecnología de la Universidad César Vallejo – Chiclayo, resultando con un pH de 8.08. **Anexo N°14.**

✓ **Pruebas de Jarras**

Se realizó la prueba de jarras tres veces con diferentes dosis para 04 muestras del carbón activado a partir del bambú (*Guadua Angustifolia Kunth*) que fueron las muestras del carbón activado en polvo. **Anexo N°15.**

✓ **Determinación de arsénico**

Las mediciones de arsénico se realizaron con el test de arsénico. **Anexo N°16 y N°17**

Además se empleó la siguiente técnica para determinar la cantidad de arsénico que hay en el agua.

Tabla 10: *Procedimiento para determinar el arsénico del agua utilizando el kit de arsénico*

Muestra preparada	60 ml	Llenar el frasco de reacción hasta la señal de enrase.
Reactivo As – 1	2 gotas ⁽¹⁾	Añadir y agitar lentamente
Reactivo As – 2	1 cuchara dosificadora roja rasa	Añadir y agitar lentamente hasta que el reactivo se haya disuelto completamente.
Reactivo As - 3	1 cuchara dosificadora verde rasa	

Añadir y cerrar inmediatamente el frasco de reacción con la tapa roscada.

Fuente: Elaboración propia

Se efectuó la filtración del material (carbón activado en polvo) a través del filtro en el laboratorio de Biotecnología la Universidad César Vallejo - Chiclayo. **Anexo N° 18.**

3.6. Métodos de análisis de datos

Para analizar los datos requeridos, se utilizó la estadística descriptiva y de dispersión teniendo en cuenta el programa Excel para presentar los cuadros, y gráficos de barras.

3.7. Aspectos éticos

Como investigadores nos comprometemos a respetar el derecho de autor, al citar debidamente, todo aporte de investigaciones externas está mencionado en la presente investigación.

IV. RESULTADOS

Tabla 11: *Diseño sobre el peso de las muestras*

N°	CÁPSULA DE PORCELAN A (Peso – gr)	CÁPSULA + PESO MUESTRA (+20gr)	MUESTRA + CÁPSULA A 14% HUMEDAD (-2,8 gr)	ENVASE DE MUESTRA	ENVASE DE MUESTRA + CARBÓN ACTIVADO	PESO DEL CARBÓN ACTIVADO
M1	62,62 gr	82,64 gr	79,84 gr	8,56 gr	18,50 gr	9,94 gr
M2	68,58 gr	88,58 gr	85,78 gr	8,73 gr	17,94 gr	9,21 gr
M3	69,27 gr	89,24 gr	86,44 gr	8,70 gr	17,62 gr	8,92 gr
M4	60,62 gr	80,67 gr	77,87 gr	8,77 gr	18,42 gr	9,65 gr
M5	62,62 gr	82,64 gr	79,80 gr	8,55 gr	16.59 gr	8.04 gr
M6	68,58 gr	88,58 gr	85,85 gr	8,73 gr	16.5 gr	7.77 gr
M7	69,27 gr	89,24 gr	86,48 gr	8,69 gr	16.41 gr	7.72 gr
M8	60,62 gr	80,67 gr	77,80 gr	8,75 gr	16.39 gr	7.64 gr

Fuente: Elaboración propia

Se determinaron las siguientes pruebas para calcular la efectividad del carbón activado elaborado. **Anexo N° 19 y N° 20.**

Con la fórmula según Teruya (2004):

$$1. \text{ Rendimiento (R) \%} = \frac{\text{Peso del carbón activado} \times 100}{\text{Peso seco del aserrín}}$$

Fórmula según Dubini citado por Azañero (1988):

$$2. \text{ Grado de activación (Porosidad): GP} = (100 - \%R)$$

Tabla 12: Características de los carbones activados (granular y en polvo)

Tipo de Carbón	Temperatura (°C)	Tiempo (Minutos)	Concentración de Ácido Fosfórico (%P/P)	Muestra	Rendimiento (%)	Grado de Activación (%)
POLVO	500	60	50	M1	57.79%	42.21%
		90	50	M2	56.10%	43.9%
	700	60	50	M3	53.54%	46.46%
		90	50	M4	51.86%	48.14%
GRANULAR	500	60	25	M5	46,80%	53.2%
		90	25	M6	45,18%	54.82%
	700	60	25	M7	44,92%	55.08%
		90	25	M8	44,45%	55.55%

Fuente: Elaboración propia

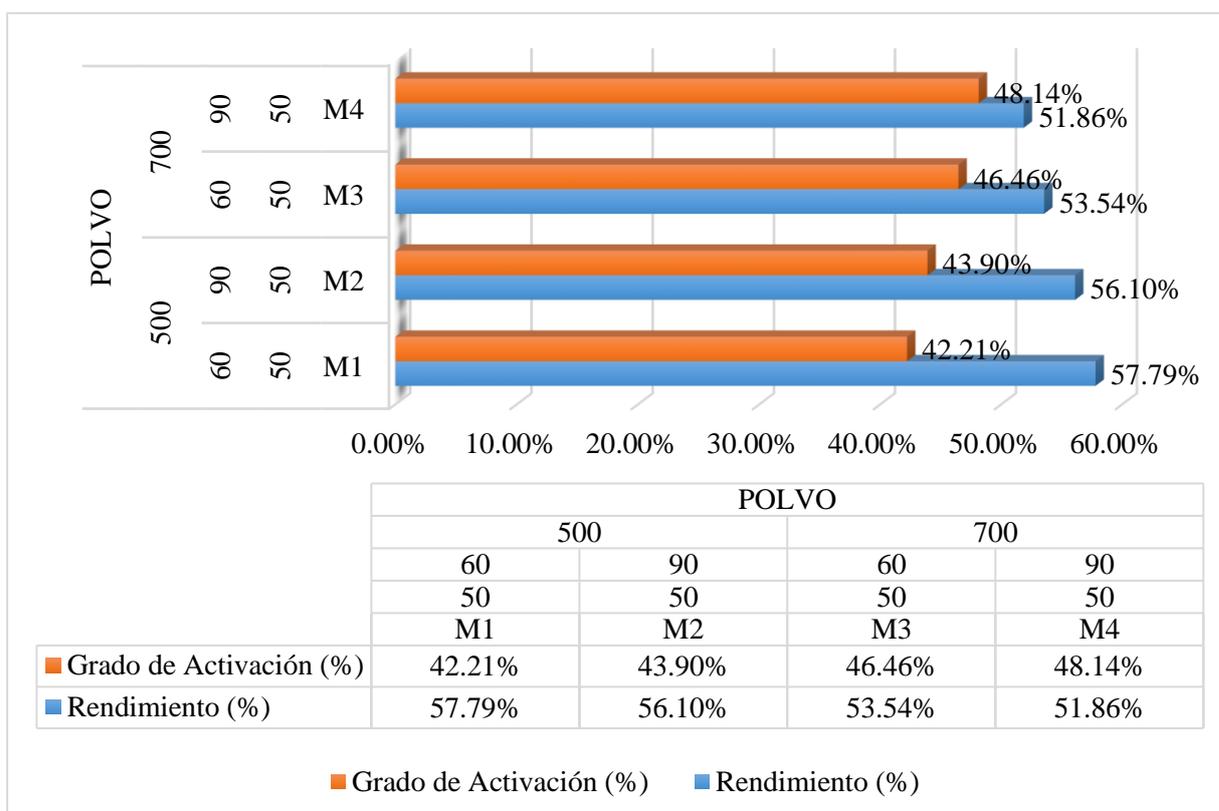


Figura 10: Grado de activación y rendimiento del carbón activado en polvo (%)

Fuente: Elaboración propia

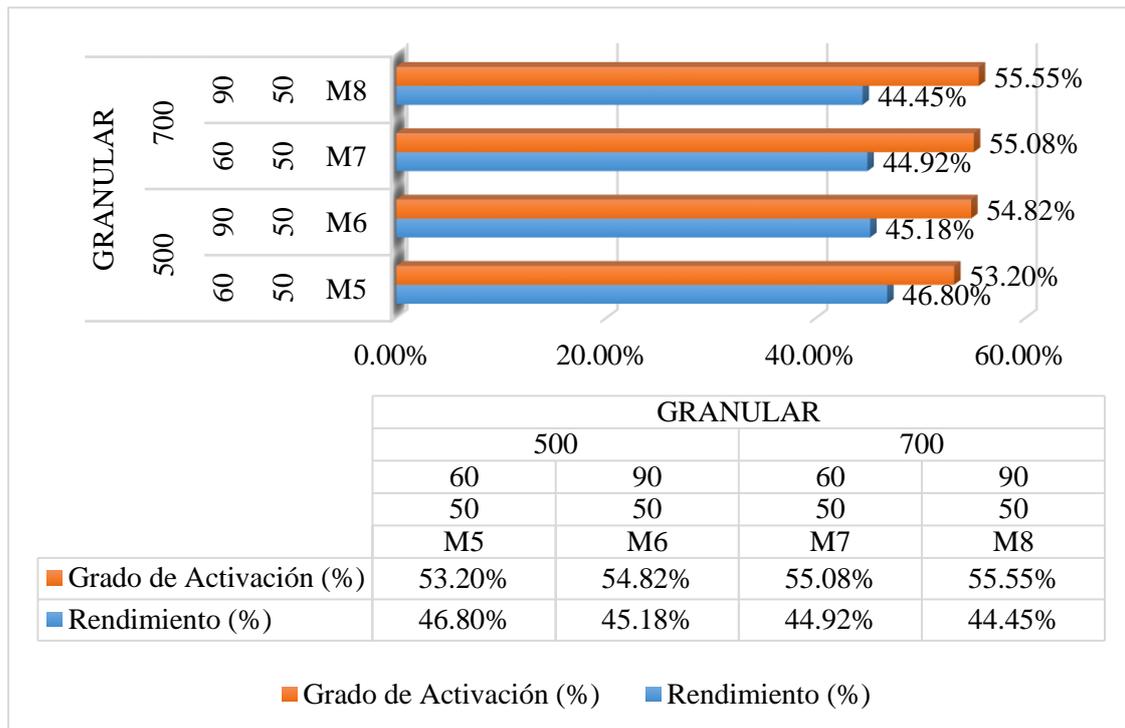


Figura 11. Grado de activación y rendimiento del carbón activado - granular (%)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13: Determinación del pH y resultado con dosis de 1.5gr. del carbón activado - polvo

Muestras (POLVO)	pH del agua antes del tratamiento y prueba de jarras	pH del agua después del tratamiento y la prueba de jarras	Resultado obtenido aplicando el test de arsénico (mgI/As)
M1	6.835	7.027	0.025
M2	6.852	6.973	0.10
M3	6.820	6.969	0.10
M4	6.880	6.842	0.075

Fuente: Elaboración propia

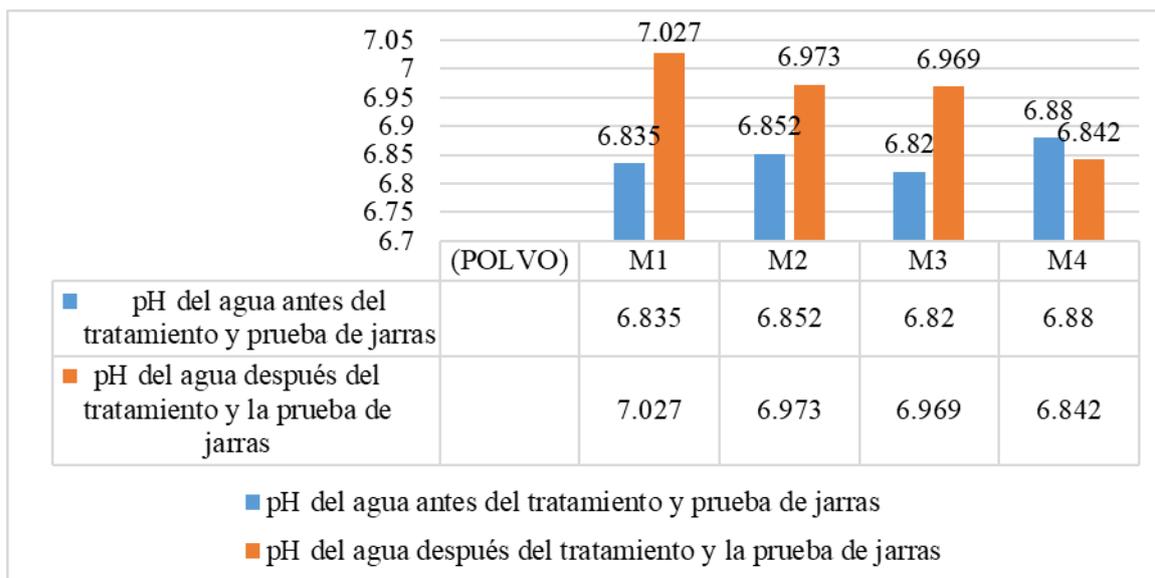


Figura 12: pH de la muestra de la dosis 1.5gr. del carbón activado - polvo

Fuente: Elaboración propia

Con respecto a las pruebas para la eliminación de arsénico y los resultados obtenidos con respecto al carbón en polvo se trabajó primero con una dosis de 1.5g y un pH de 6.8 con una muestra de 700 ml de agua contaminada con arsénico.

Anexo N° 21

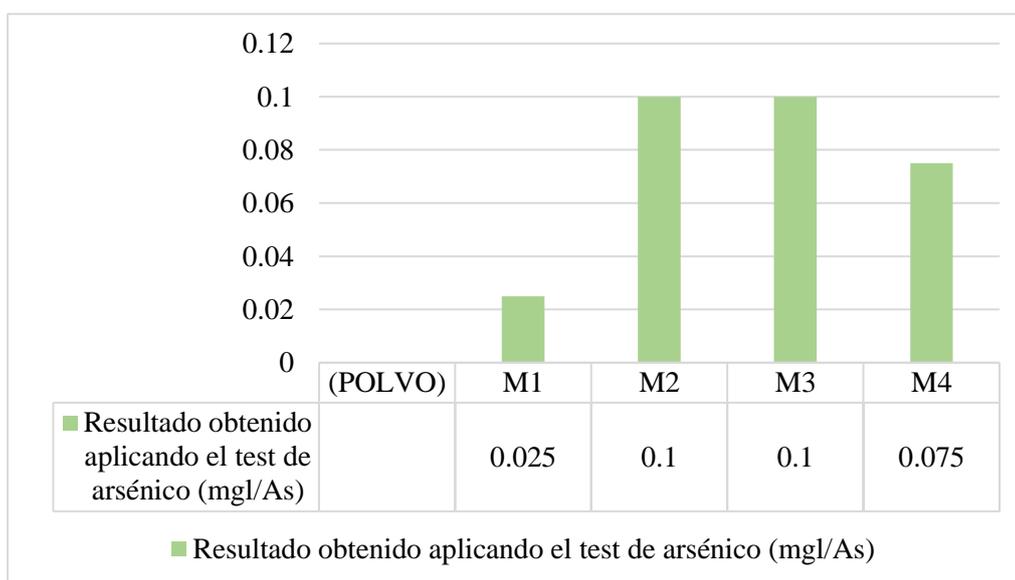


Figura 13: Aplicación del test de arsénico con dosis de 1.5 g (mg/l/As) del carbón activado - polvo

Fuente: Elaboración propia.

Conforme a los resultados obtenidos utilizando una dosis de 1.5 gramos del carbón granular, el mejor resultado fue el de la muestra M1, logrando remover el arsénico hasta obtener un resultado de 0.025 mg/As en ambos casos y adsorbiendo hasta un 90% de arsénico del agua.

Tabla 14: Determinación de pH y resultado con dosis de 2gr. del carbón activado - polvo

Muestras (POLVO)	pH del agua antes del tratamiento y prueba de jarras	pH del agua después del tratamiento y la prueba de jarras	Resultado obtenido aplicando el test de arsénico (mg/As)
M1	6.835	7.022	0.025
M2	6.840	6.980	0.015
M3	6.894	6.956	0.025
M4	6.842	6.885	0.010

Fuente: Elaboración propia

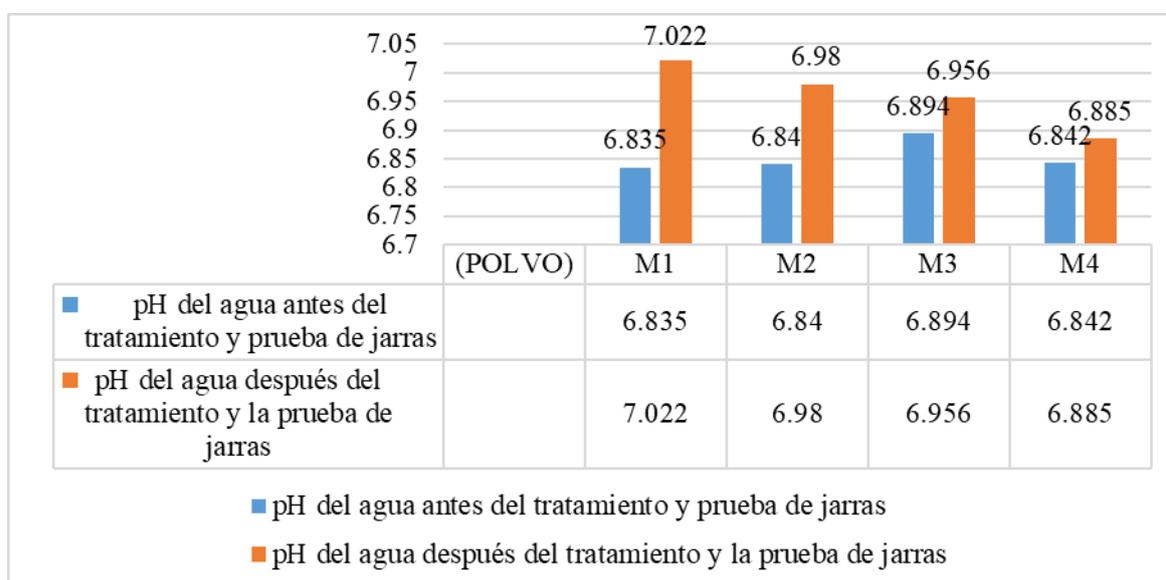


Figura 14: pH de la muestra de la dosis 2g del carbón activado - polvo

Fuente: Elaboración propia.

En todos los casos el pH fue de casi 7, que es el pH del agua y el cual se busca para que el agua sea de consumo humano.

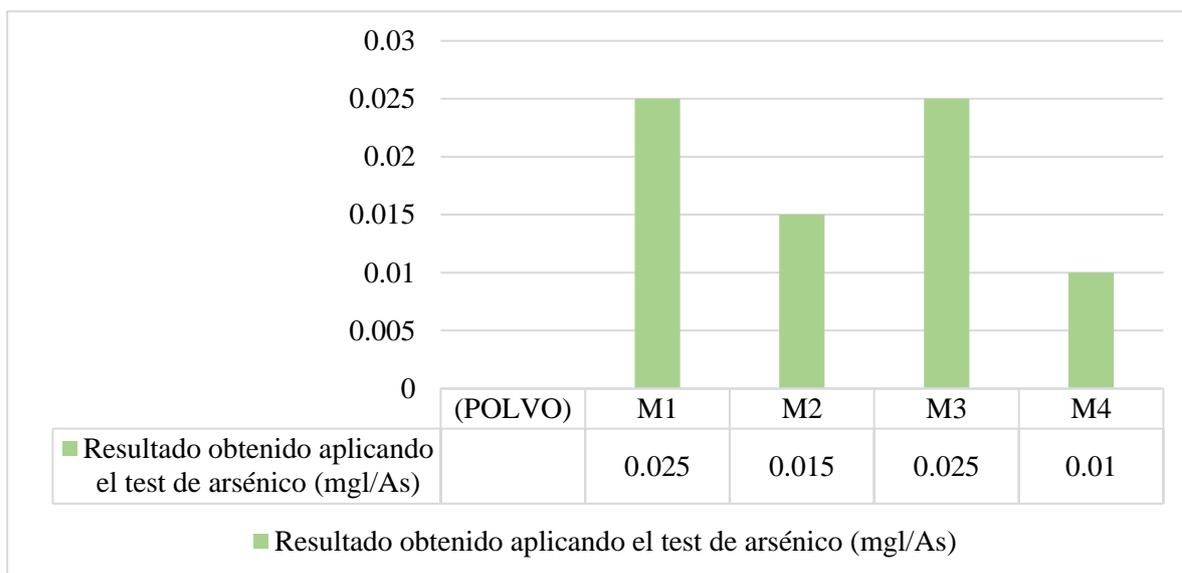


Figura 15: Aplicación del test de arsénico con dosis de 2g (mg/l/As) del carbón activado - polvo

Fuente: Elaboración propia

Conforme a los resultados obtenidos utilizando una dosis de 2 gramos del carbón granular, el mejor resultado fue el de la muestra M4, logrando remover el arsénico hasta obtener un resultado de 0.01 mg/l/As, el cual se encuentra dentro de los Límites Máximos Permisibles (LMP), logrando adsorber hasta un 96% del arsénico del agua.

Tabla 15: Determinación de pH y resultado con dosis de 3gr. de carbón activado - polvo

Muestras (POLVO)	pH del agua antes del tratamiento y prueba de jarras	pH del agua después del tratamiento y la prueba de jarras	Resultado obtenido aplicando el test de arsénico (mg/l/As)
M1	6.818	7.020	0.015
M2	6.820	6.940	0.015
M3	6.855	6.980	0.010
M4	6.900	6.950	0.010

Fuente: Elaboración propia

En todos los casos el pH ya se encuentra en 7 o aproximándolo, a diferencia de los casos anteriores, que es el pH del agua y el cual se busca para que el agua se pueda tomar, de igual forma se logró remover un 96% del arsénico en las mejores muestras (M3 y M4).

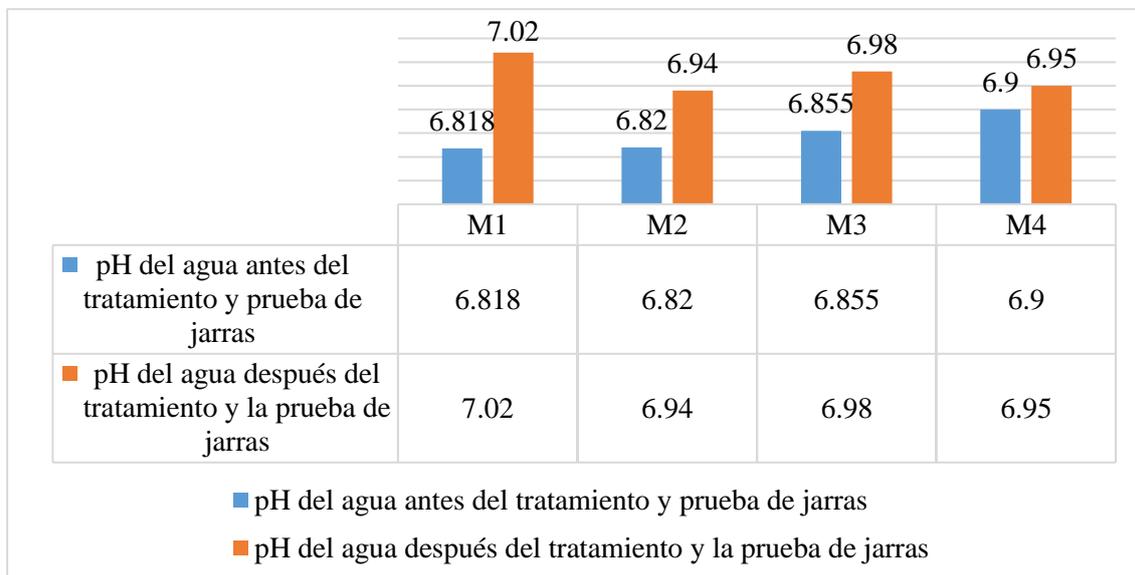


Figura 16: pH de la muestra de la dosis 3g del carbón activado - polvo

Fuente: Elaboración propia.

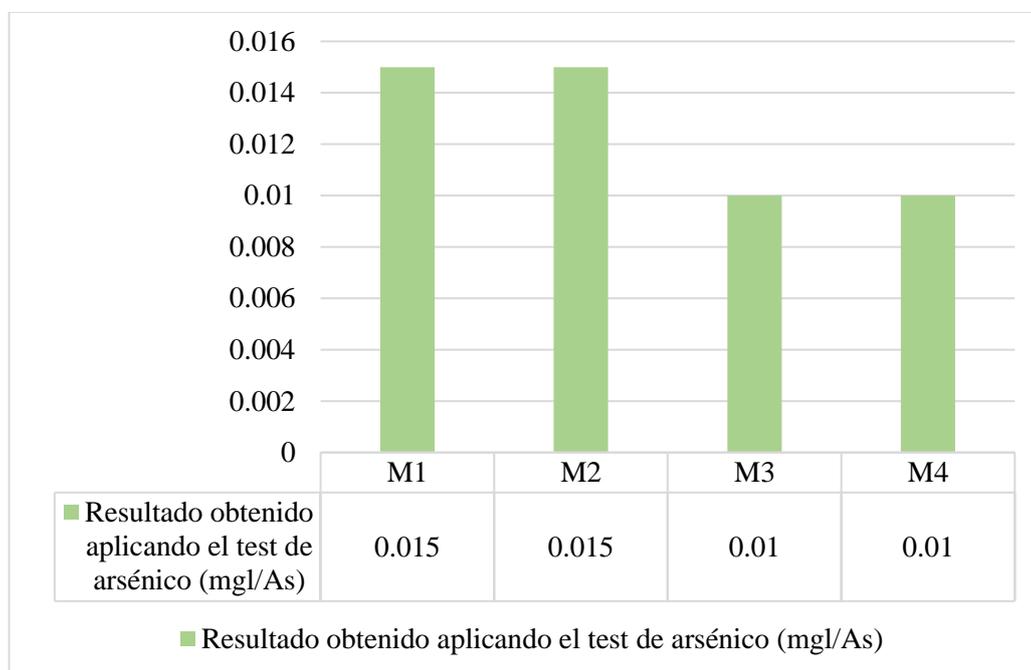


Figura 17: Aplicación del test de arsénico con dosis de 3 g del carbón activado – polvo (mg/l/As)

Fuente: Elaboración propia.

Conforme a los resultados obtenidos utilizando una dosis de 3 gramos del carbón en polvo, el mejor resultado fue el de la muestra M3 y M4, logrando remover el arsénico hasta obtener un resultado de 0.01 mg/As, el cual se encuentra dentro de los Límites Máximos Permisibles (LMP), logrando adsorber en ambos casos hasta un 96% del arsénico del Agua. **Anexo N° 22.**

Tabla 16: Aplicando el test de arsénico (mg/As) - dosis 3gr. del carbón activado - granular

Muestras (GRANULAR)	pH del agua durante el tratamiento	Tiempos			
		1 h	8 h	24 h	72 h
M5	6.950	0.25	0.20	0.15	0.075
M6	6.870	0.25	0.20	0.10	0.05
M7	7.020	0.20	0.15	0.15	0.05
M8	7.015	0.20	0.10	0.10	0.05

Fuente: Elaboración propia

Además de los mejores resultados fueron las muestras M6, M7 y M8 con 0.05 mg/As, en todos los casos y estando sumergido durante un tiempo de 72 hrs

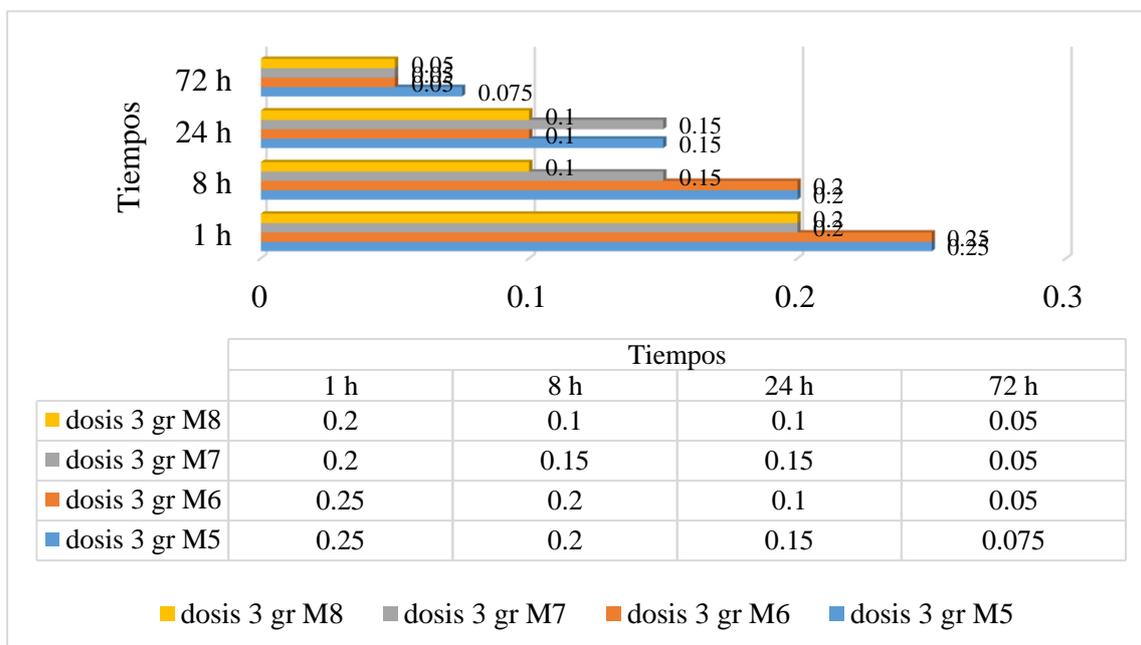


Figura 18: Resultados obtenidos en diferentes tiempos (Hrs) con dosis de 3gr. del carbón activado - granular

Fuente: Elaboración propia

Conforme a los resultados obtenidos utilizando una dosis de 3 gramos del carbón granular se trabajaron diferentes tiempos, en donde se concluyó que mientras más tiempo el carbón granular esté sumergido en el agua, mayor cantidad de arsénico removerá, además de que se logró adsorber en el mejor de los casos hasta un 80% del arsénico del agua.

Tabla 17: Aplicando el test de arsénico (mg/As) -dosis 4 gr del carbón activado - granular

Muestras (GRANULAR)	pH del agua durante el tratamiento	Tiempos			
		1 h	8 h	24 h	72 h
M5	6.950	0.25	0.15	0.10	0.05
M6	6.870	0.25	0.20	0.10	0.05
M7	7.020	0.20	0.15	0.15	0.05
M8	7.015	0.25	0.10	0.10	0.075

Fuente: Elaboración Propia

Conforme a los resultados obtenidos utilizando una dosis de 04 gramos del carbón granular, el mejor resultado fue la muestra M6 con 0.05 mg/As y estando 72 hrs sumergido en el agua.

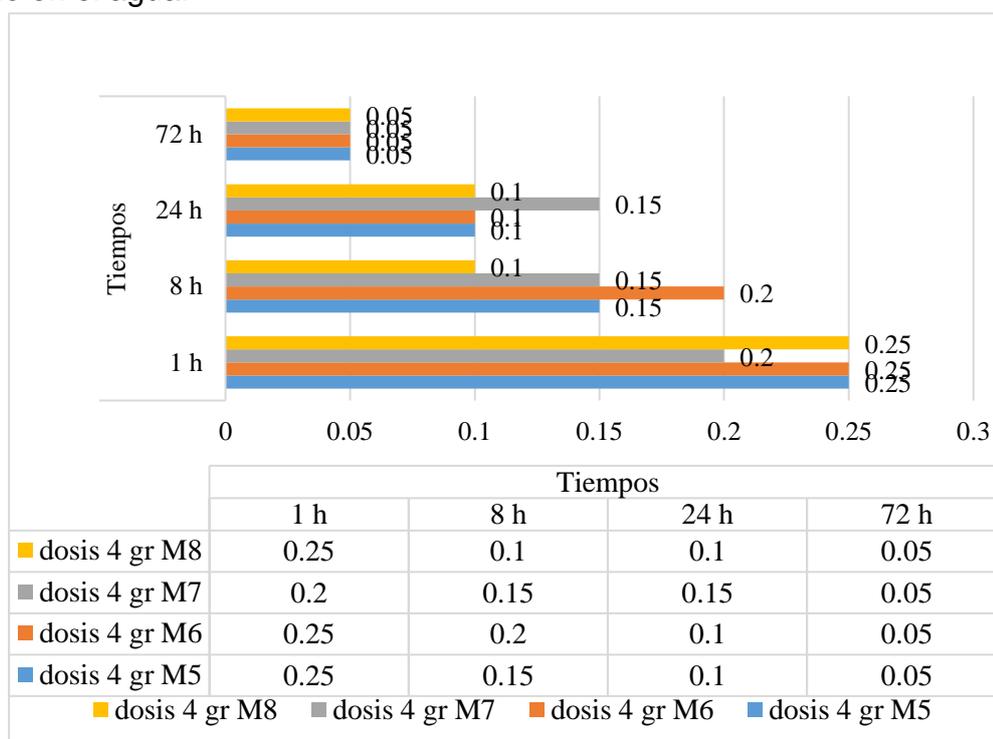


Figura 19: Resultados obtenidos en diferentes tiempos (Hrs) con dosis de 4gr. del carbón activado - granular

Fuente: Elaboración propia

Además, los resultados obtenidos utilizando una dosis de 4 gramos del carbón granular se trabajaron diferentes tiempos, en donde se logró adsorber hasta 80% del arsénico del agua. **Anexo N° 23.**

Tabla 18: *Medición de la conductividad del agua después de aplicar los carbones activados*

Tipo de carbón	Tipo de muestra	Conductividad del agua después del tratamiento ($\mu\text{mho/cm}$)
Polvo	M1	1450
	M2	1400
	M3	1240
	M4	1250
Granular	M5	1530
	M6	1550
	M7	1620
	M8	1580

Fuente: Elaboración propia

La conductividad del agua de Pacora se encontraba en 1700 $\mu\text{mho/cm}$ por lo que se trabajó con esta medida para saber cuál fue la conductividad final de cada muestra.

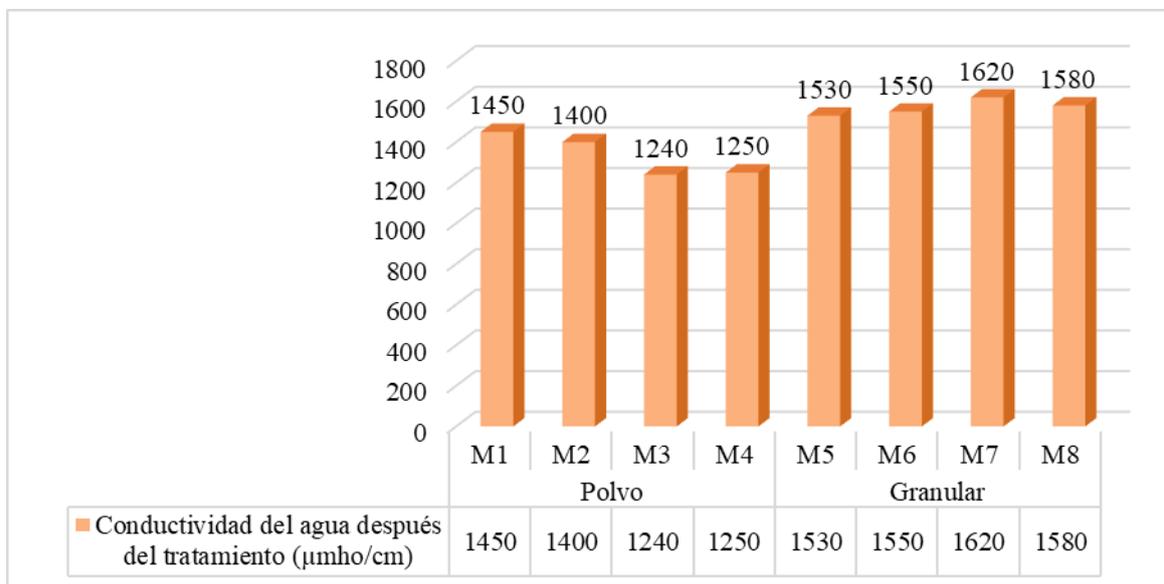


Figura 20.: Conductividad del agua después del tratamiento ($\mu\text{mho/cm}$)

Fuente: Elaboración propia

La conductividad final se midió únicamente a los carbones con los que obtuvieron mejores resultados con respecto al porcentaje de remoción de arsénico del agua; en el caso del carbón en polvo se midieron las muestras con 3 gramos de dosis y en el carbón granular las muestras con 4 gramos de dosis por 72 horas. Según los Límites Máximos Permisibles (LMP), se permite hasta un máximo de 1500 $\mu\text{mho/cm}$, por lo cuál del total de las muestras, solo los carbonos en polvo se encuentran dentro de los límites y puede ser apta para el consumo humano.

V. DISCUSIÓN

Los resultados descritos permiten realizar una descripción de los mismos basándose en los objetivos planteados, siendo el primer objetivo, determinar la utilización del carbón activado a partir del bambú (*Guadua angustifolia kunth*) para lograr captar arsénico de las aguas subterráneas del distrito de Pacora.

Para el logro del segundo objetivo, Identificar las características fisicoquímicas del agua subterránea del pozo Pueblo Viejo del distrito de Pacora, antes de la utilización del carbón activado a partir del bambú (*Guadua Angustifolia Kunth*); se aplicó el test de arsénico para saber el nivel de dicho metal pesado que contiene las aguas subterráneas del pozo Pueblo Viejo del distrito de Pacora, tal como menciona ESCALERA (2016) quién utilizó el hierro como removedor de arsénico de lo cual su remoción de As total y Fe fueron significativas (33 – 41% y 46 – 78%, respectivamente) que reutilizando sólo la presencia de Fe total que se puede filtrar en las aguas subterráneas, esto se aprecia en su método de fluidos del cual es adecuado para las salidas hasta 160 l/d, bajo los requisitos descritos.

En lo que respecta al tercer objetivo, evaluar la calidad fisicoquímica del agua subterránea del pozo Pueblo Viejo del distrito de Pacora, después de la utilización del carbón activado a partir del bambú (*Guadua angustifolia kunth*), se obtuvieron como resultados que el carbón activado – polvo, removió el 96% de arsénico de las aguas subterráneas del pozo Pueblo Viejo del distrito de Pacora, en el caso de AGUIRRE (2015) que trabajó con el proceso de coagulación con Sulfato Férrico, obtuvo una remoción del 97% del arsénico de 60 ug/L en agua cruda hasta 2 ug/L en agua decantada, cumpliendo así con la norma de calidad de agua para consumo humano, en lo que respecta a esta investigación su remoción fue más eficiente que nuestra investigación esto se debe a que su concentración de arsénico no ha estado muy elevado, de acuerdo a su muestra que contó con 0.015 de contaminación con arsénico, mientras que nuestras muestras contaminadas con dicho metal pesado contaron con 0.25.

VI. CONCLUSIONES

1. Se logró identificar las características fisicoquímicas del agua subterránea del pozo Pueblo Viejo del distrito de Pacora antes de la utilización del carbono encontrándose esta agua en forma demasiado básica con un pH demasiado elevado para ser consumida y la conductividad por encima de los Límites Máximos Permisibles (LMP), además la gran cantidad de Arsénico sobrepasaba lo establecido en la normativa.
2. Se elaboró el carbón activado a partir del bambú *Guadua angustifolia kunth*, para captar en el agua subterránea del pozo Pueblo Viejo del distrito de Pacora mediante la Prueba de Jarras., con la ayuda del activante H_3PO_4 , el bambú es un excelente precursor para realizar el proceso de activación por presentar un alto contenido de carbono fijo y la prueba ayudó a determinar las condiciones de operación óptimas generalmente para el tratamiento de aguas, además de que permite ajustar el PH.
3. Se evaluó que el rendimiento del carbón activado en polvo está por encima del carbón activado granular; se tiene que las muestras de carbón activado en polvo pertenecen a los carbones microporosos y las muestras de carbón activado granular pertenecen a la mezcla de microporosos y macroporosos, además las lecturas de pH después de la utilización del carbón activado indicaron que todos los carbones activados presentan características ácidas (la norma exige pH cercano a 7) y la conductividad de los carbones activados se encuentran dentro de (LMP) a excepción del carbón activado granular que lo sobrepasa por muy poca diferencia.
4. Se llegó a la conclusión que el carbón activado en polvo logró remover una gran cantidad de arsénico por encima del carbón activado granular y que la primera se encuentra dentro de los Límites Máximos Permisibles (LMP) y la normativa, además de que después se utilizó se logró cumplir los parámetros establecidos como mencionamos anteriormente.

VII. RECOMENDACIONES

1. Incentivar a los pobladores locales a reforestar con bambú “*Guadua angustifolia* Kunth” e introducir la idea del uso integral de este recurso, y en lugares donde el bambú se presenta de manera natural incentivar a su manejo forestal.
2. Utilizar otras variedades de bambúes para la elaboración de carbón activado, a fin de comparar que variedad es la mejor para la obtención de este producto.
3. Experimentar con la especie “*Guadua angustifolia* Kunth” a mayores concentraciones de ácido fosfórico, para comprobar el grado de influencia de esta variable en la calidad del producto obtenido.

REFERENCIAS

Añazco, M. 2014. Estudio de la cadena desde la producción al consumo del bambú en Ecuador con énfasis en la especie *Guadua angustifolia*. Quito : EC, 2014. pág. 196.

Añazco, M. 2015. Estudio de vulnerabilidad del Bambú (*Guadua angustifolia*) al cambio climático en la costa del Ecuador y norte Perú. Quito : EC, 2015. pág. 135.

Bambú en Chile - Boletín Informativo N° 4. 2003. Carbón de Bambú (en línea). s. l., CL. Consultado 22 mar. 2008. Disponible en <http://infomadera-ei.blogspot.pe/2012/06/bambu-en-chile-boletin-n-4.html>

CORPEI., CBI. 2003. Bambú (Caña *Guadua angustifolia* “Caña brava”). [En línea] 2003. [Citado el: 29 de Mayo de 2019.] http://www.sigguadua.gov.co/sites/default/files/archivos/Perfil_de_bambu_en_Ecuador.pdf.

Diario Correo. 2019. Agua contaminada con arsénico tiene en zozobra a Pacora. Diario Correo. Jueves 24 de Enero, 2019.

Fluence. 2018. Contaminación de Arsénico en América Latina. SD. [En línea] SD, 11 de Octubre de 2018. [Citado el: 28 de Abril de 2019.] <https://www.fluencecorp.com/es/contaminacion-de-arsenico-en-america-latina/>. SD.

Forero G, Souza H. 2007. La *Guadua* un Sistema innovador para la construcción de vivienda en Anapoima Cundinamarca. [En línea] 2007. [Citado el: 05 de 27 de 2019.] <http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/2177/T91.08%20F761g.pdf;jsessionid=1E27B09FD70E674B8F18220EEE6FAE6D?sequence=1>.

Fornwalt; Helbig; Scheffler. 1963. Activated Carbons for Liquid- Phase Adsorption. *British Chemical Engineering*. s.l., USA. 8 (8):546-550.

González, E. 2005. Elaboración de una propuesta para el Aprovechamiento y la Transformación del Bambú en el Ámbito del PRODAPP (Puerto Inca-Oxapampa). Informe Final. Lima : PE, 2005. pág. 122.

Londoño, X, y otros. 2002. Characterization of the anatomy of *Guadua angustifolia* (Poaceae: Bambusoideae) culms. *Bamboo Science & Culture- The Journal of the American Bamboo Society*. 1. New York : USA, 2002. págs. 18-31. 16.

Manual del Carbón Activo. 2009. Sevilla, ES, US. 89 p.

Martín, J. 1990. Adsorción física de gases y vapores por carbones. Alicante. ES. Espagrafic. 80 p.

Meggs, F. 1968. *Manufactured Carbon. Active carbon*. Pergamon Press. London. s. p.

Menéndez, J. 2008. Residuos de biomasa para la producción de carbones activos y otros materiales de interés tecnológico. Oviedo : ES, 2008. pág. 10.

Mercedes, J. 2006. *Guía Técnica Cultivo de Bambú*. Santo Domingo : CEDAF, 2006. pág. 37.

MINAG. 2011. *Bambú: "Biología, cultivo, manejo y usos en el Perú"*. Lima : Ministerio de Agricultura, 2011. pág. 68.

MINAG. 2008. *Plan Nacional de Promoción del Bambú 2008 – 2020*. Lima : Ministerio de Agricultura, 2008. pág. 33.

Morelli, M. 2000. Estudio preliminar para la instalación de una planta de carbón activado para la minería a partir de la cáscara de café. Tesis: Ing. Industrial. Lima, PE, UL. s. p.

Olivier, J. 2008. *Bambusiformes del Río de Los Amigos*. SD, Madre de Dios : SD, 2008, *Revista Peruana de Biología*, Vol. 1, págs. 121-126. SD.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. 2018. ARSÉNICO. SD. [En línea] SD, 15 de Febrero de 2018. [Citado el: 28 de Abril de 2019.] <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/arsenic>. SD.

Pérez. 2014. Caracterización genética de relictos de *Guadua angustifolia*, un ecosistema estratégico de la ecorregión valle del Cauca Mediante STR's. Sevilla : UP, 2014. pág. 324.

Prías, J., Rojas, C., Echeverry, N. y Ariza, H. 2011. Identificación de las variables óptimas para la obtención de carbón activado partir del precursor *Guadua angustifolia* Kunth. Bogotá, CO. Revista académica colombiana de ciencias 35 (135): 157-166.

PERUBAMBÚ, Asociación Peruana de Bambú. 2014 PROMOCIÓN DE LA REHABILITACIÓN Y MANEJO [ed.] Asociación Peruana del Bambú PERUBAMBÚ. Lima : s.n., 2014.

Sato, Josefina Takahashi. 2011. El Bambú y su Potencial para el Desarrollo Sostenible en el Perú. Lima : PERUBAMBU, 2011. pág. 17.

Takahashi, J. y Ascencios, D. 2004. Inventario de Bambú en el Perú. Informe Final. Lima. Lima : PE, 2004. pág. 62, AB Sustenta S.A.C.

UNICEF. 2018. La lucha contra el arsénico en Bangladesh. SD. [En línea] SD, SD de SD de 2018. [Citado el: 28 de Abril de 2019.] <https://www.unicef.es/noticia/la-lucha-contra-el-arsenico-en-bangladesh>. SD.

Velásquez. 2010. Optimización de la producción de carbón activado a partir de Bambú. [ed.] MX. Veracruz : Orizaba, 2010, Revista Mexicana de Ingeniería Química, Vol. 9, págs. 359-366.

ANEXOS

Anexo N°01



Pozo Pueblo Viejo

Anexo N°02



Recolección de la muestra de agua

Anexo N°03



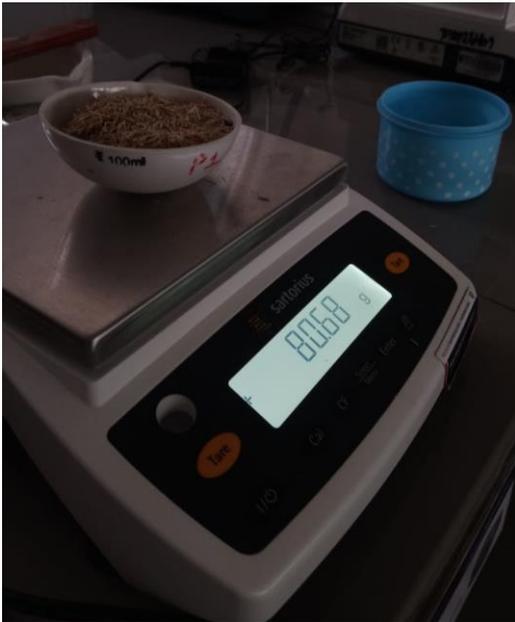
El bambú dejando secar

Anexo N°04



Muestra del bambú picado

Anexo N°05



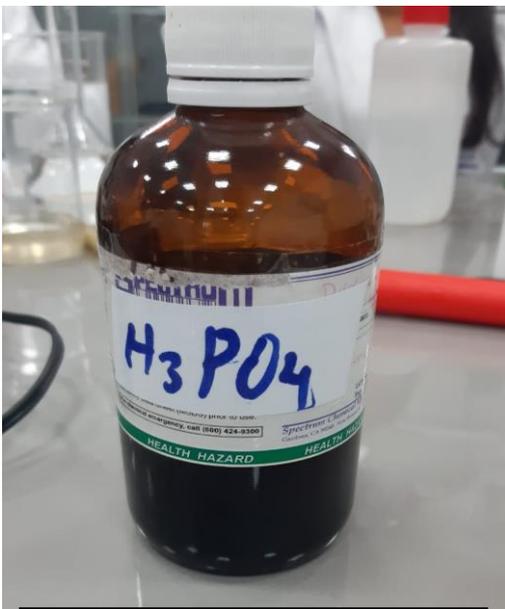
**Peso del bambú picado
(20gr)**

Anexo N°06



**Impregnación del activante
(H_3PO_4) y dejarlo por 24
horas con dicho activante**

Anexo N°07



**Activante usado para las 8
muestras del carbón activado**

Anexo N°08



**Colocación de la muestra
del carbón activado a la
mufla**

Anexo N°09



Extracción de la muestra del carbón activado de la mufla

Anexo N°10



Antes de lavar al carbón activado se calentó agua destilada a 95°C

Anexo N° 11



Lavado de las muestras del carbón activado con el agua destilada calentada a 95°C

Anexo N° 12



Colocación de las muestras del carbón activado en la estufa a una temperatura 105°C ± 2 °C por 24 horas

Anexo N°13

AGENTE BCP
SERVICIOS CAMPOS
FECHA: 16/12/19 HORA: 17:38:36 H979176
NO_OPE: 939770

-----PAGO DE SERVICIOS-----
GIRO/RUBRO: UNIVERSIDADES
EMPRESA: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
CTA. A ABONAR: 5701422191040
COD.ID.USUARIO: 7000837349
NOMBRE: VASQUEZ PUICON LUIS VICENTE

EN EFECTIVO

DESCRIPCION
MATRICULAS Y PENSIONES

FECHA VENCIM: 16/12/2019

IMPORTE CUOTA:	S/	100,00
CARGO FIJO:	S/	0,00
MORA:	S/	0,00

TOTAL CUOTA: S/ 100,00
COMISION: S/ 0,00
TOTAL A PAGAR: S/ 100,00



LABORATORIO DE BIOTECNOLOGÍA

ORDEN DE PAGO

AGENTE VÁSQUEZ PUICON

DESCRIPCION DEL CARBON ACTIVADO A PARTIR DEL BAMBÚ GUADUA
TRIFOLIA KUNTH PARA CAPTAR ARSÉNICO EN LAS AGUAS
CONTAMINADAS DE LAS ZONAS RÍANAS DEL DISTRITO DE PACORA

ANÁLISIS FÍSICO
9

ITEM	DESCRIPCION	P/UNIT.	CANTIDAD	SUB TOTAL	TOTAL
1	ANÁLISIS FÍSICO, PRUEBA DE	S/. 50.00	2.00	50.00	100.00
2	ANÁLISIS FÍSICO, FILTRADOS	S/. 50.00	1.00	50.00	50.00
3	ANÁLISIS FÍSICO	S/. 50.00	2.00	50.00	100.00
					250.00

SON DOSCIENTOS CINCUENTA NUEVOS SOLES

** LOS PRECIOS INCLUYEN IGV

OBSERVACIONI el solicitante trajo la muestra

AGENTE BCP
SERVICIOS CAMPOS
FECHA: 16/12/19 HORA: 17:39:30 H979176
NO_OPE: 941686

-----PAGO DE SERVICIOS-----
GIRO/RUBRO: UNIVERSIDADES
EMPRESA: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
CTA. A ABONAR: 5701422191040
COD.ID.USUARIO: 7000837349
NOMBRE: VASQUEZ PUICON LUIS VICENTE

EN EFECTIVO

DESCRIPCION
MATRICULAS Y PENSIONES

FECHA VENCIM: 16/12/2019

IMPORTE CUOTA:	S/	100,00
CARGO FIJO:	S/	0,00
MORA:	S/	0,00

TOTAL CUOTA: S/ 100,00
COMISION: S/ 0,00
TOTAL A PAGAR: S/ 100,00

AGENTE BCP
SERVICIOS CAMPOS
FECHA: 16/12/19 HORA: 17:37:38 H979176
NO_OPE: 937785

-----PAGO DE SERVICIOS-----
GIRO/RUBRO: UNIVERSIDADES
EMPRESA: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
CTA. A ABONAR: 5701422191040
COD.ID.USUARIO: 7000837349
NOMBRE: VASQUEZ PUICON LUIS VICENTE

EN EFECTIVO

DESCRIPCION
MATRICULAS Y PENSIONES

FECHA VENCIM: 16/12/2019

IMPORTE CUOTA:	S/	50,00
CARGO FIJO:	S/	0,00
MORA:	S/	0,00

TOTAL CUOTA: S/ 50,00
COMISION: S/ 0,00
TOTAL A PAGAR: S/ 50,00

Pagos realizados de los instrumentos del laboratorio de la Universidad César Vallejo - Chiclayo: multiparámetro, mufla eléctrica y prueba de jarras.

Anexo N°14

GENTE BCP
 OFICINA FARMASANEL
 FECHA: 03/12/19 HORA: 14:33:49 H986128
 D.OPE: 598503

PAGO DE SERVICIOS
 CENTRO/RUBRO: UNIVERSIDADES
 EMPRESA: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

N. A. ABOGAR: 5701422191040
 D.ID. USUARIO: 7000839445
 NOMBRE: CHAU MERA ENRIQUE GUILLERMO

VALLEJO

LABORATORIO DE BIOTECNOLOGÍA

ORDEN DE PAGO
 CHAU MERA ENRIQUE GUILLERMO

EFFECTIVO

DESCRIPCIÓN
 ARTICULOS Y PENSIONES

FECHA VENCIM: 20/09/2019
 PORTE CUOTA: S/ 50,00
 PAGO FIJO: S/ 0,00
 RENTA: S/ 0,00

VAL CUOTA: S/ 50,00
 PENSION: S/ 0,00
 VAL A PAGAR: S/ 50,00

UTILIZACIÓN DEL CARBON ACTIVADO A PARTIR DEL BAMBÚ GUADUA
 ANGUSTIFOLIA KUNTH PARA CAPTAR ARSÉNICO EN LAS AGUAS
 SUBTERRÁNEAS DEL DISTRITO DE PACORA

ANÁLISIS FÍSICO
 13/11/2019

	DESCRIPCION	PI/UNIT.	CANTIDAD	SUB TOTAL	TOTAL
1	ANÁLISIS FÍSICO	S/. 50.00	1.00	50.00	50.00
					50.00

SON CINCUENTA NUEVOS SOLES

** LOS PRECIOS INCLUYEN IGV

OBSERVACION: el solicitante trajo la muestra

Pagos realizados de los instrumentos del laboratorio de la Universidad César Vallejo - Chiclayo: estufa.

Anexo N°15



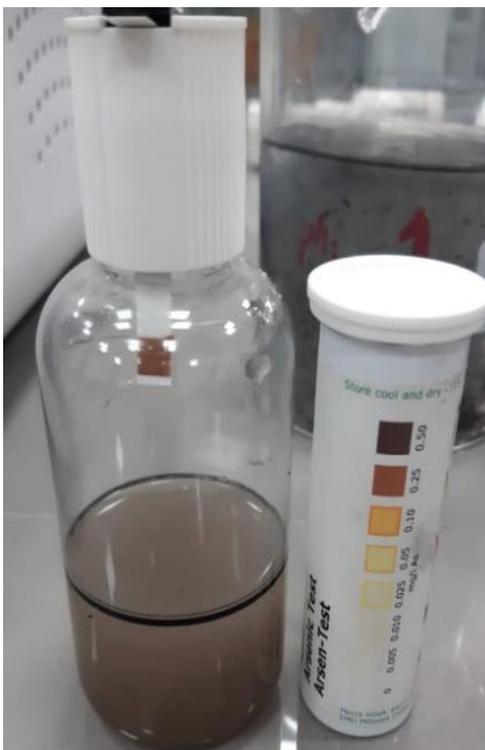
Colocado a 200 rpm por tiempo de 1 hora.

Anexo N°16



Determinación con el test de Arsénico

Anexo N°17



Resultado obtenido con el test de arsénico, antes del tratamiento

Anexo N° 18



Filtración del carbón activado en polvo en el agua

Anexo N° 19



Carbón activado en polvo

Anexo N° 20



Carbón activado granular

Anexo N° 21



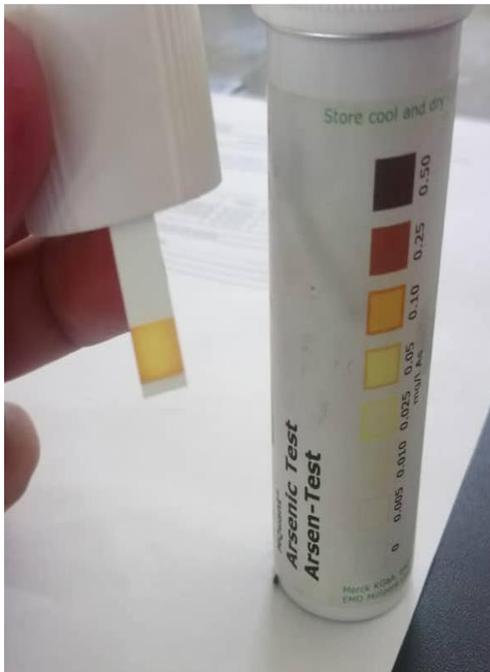
pH de 6.8 en todas las muestras

Anexo N° 22



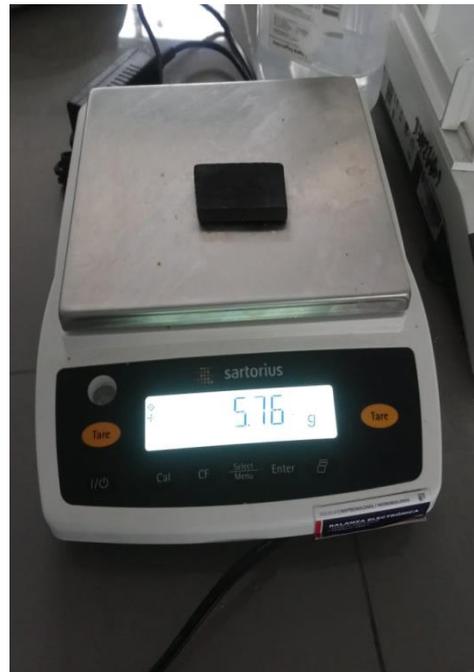
Resultado del carbón activado en polvo con dosis de 3g y resultado de 0.010 mg/l/As

Anexo N° 22



Resultado del carbón activado granular con dosis de 4g y resultado de 0.075 mg/l/As

Anexo N° 23



Peso del carbón activado - granular

LABORATORIO DE BIOTECNOLOGÍA Y MICROBIOLOGÍA

TIPO DE ANÁLISIS : Físicoquímico
USUARIO : Vásquez Puicón Luis Vicente
Chao Mera Enrique Guillermo
PROYECTO : UTILIZACIÓN DEL CARBÓN ACTIVADO A PARTIR DEL BAMBÚ (*Guadua angustifolia kunth*), PARA CAPTAR ARSÉNICO DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS EN EL DISTRITO DE PACORA
FECHA DE EMISIÓN : 20 de diciembre del 2019

N° de muestras	pH después del tratamiento y la prueba de jarras	Conductividad eléctrica(umho/cm)
1	7.020	1450
2	6.940	1400
3	6.980	1240
4	6.950	1250
5	6.950	1530
6	6.870	1550
7	7.020	1620
8	7.015	1580

 UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO



Ing. Diana Karolina Quiroz Incio
Laboratorio de biotecnología y microbiología

CAMPUS CHICLAYO
Carretera Chiclayo Pimentel Km. 3.5
Telf.: (074) 481616 / Anexo: 6514

fb/ucv.pe
@ucv_pe
#saliradelar


Resultados del Laboratorio de Biotecnología y Microbiología con respecto a los parámetros físico-químicos

Matriz de Consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	TIPO DE INVESTIGACIÓN	POBLACIÓN	TÉCNICAS	MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS
¿De qué manera la utilización del carbón activado a partir del bambú (Guadua angustifolia Kunth) permite captar arsénico de las aguas subterráneas del distrito de Pacora?	Determinar la utilización del carbón activado a partir del bambú (Guadua Angustifolia Kunth) para lograr captar arsénico de las aguas subterráneas del distrito de Pacora.	Ha: Si se diseña e implementa una planta piloto de tratamiento de aguas residuales, entonces se logrará disminuir los niveles de contaminantes orgánicos en el dren 3100 del Distrito de Pimentel.	Dependiente: Captación de arsénico en las aguas subterráneas en el distrito de Pacora Variable Independiente: Carbón activado a partir del bambú (Guadua Angustifolia Kunth)	Aplicada	La población de estudio está compuesta por aguas subterráneas del pozo Pueblo Viejo que se encuentra en el Distrito de Pacora.	Observación. Recolección de muestras	Microsoft Excel
				DISEÑO	MUESTRA	INSTRUMENTOS	pre-experimental