



Esta obra está bajo una [Licencia
Creative Commons Atribución-
NoComercial-Compartirigual 2.5 Perú.](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/)

Vea una copia de esta licencia en
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO
FACULTAD DE ECOLOGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA SANITARIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO
CONCURSO DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN 2017



INFORME DE INVESTIGACIÓN

Efecto del carbón activado, obtenido experimentalmente a partir de cáscara de café (*Coffea Arábica L.*), en la adsorción de metales pesados, en aguas del acuífero del distrito de Yantaló, Moyobamba, 2017

AUTORES

Ing. Dr. Yrwin Francisco Azabache Liza (Coordinador)

Econ. Wilhen Cachay Ortiz

Colaboradores:

Est. Elkin Florián Saldaña Yrigoín

Est. Bany Luz Quispe Burga

Perú, Moyobamba

2019

Declaratoria de autenticidad

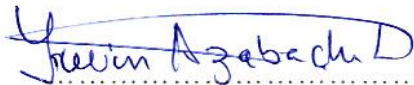
Yrwin Francisco Azabache Liza con DNI N° 18070745, docente de la Facultad de Ecología de la Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto, con el informe de investigación titulado: **Efecto del carbón activado, obtenido experimentalmente a partir de cáscara de café (*Coffea Arábica L.*), en la adsorción de metales pesados, en aguas del acuífero del distrito de Yantaló, Moyobamba, 2017.**

Declaramos bajo juramento que:

1. El informe de investigación presentada es de nuestra autoría.
2. La redacción fue realizada respetando las citas y referencias de las fuentes bibliográficas consultadas.
3. Toda la información que contiene el informe de investigación no ha sido auto plagiada;
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido alterados ni copiados, por tanto, la información de esta investigación debe considerarse como aporte a la realidad investigada.

Por lo antes mencionado, asumimos bajo responsabilidad las consecuencias que deriven de nuestro accionar, sometiéndonos a las leyes de nuestro país y normas vigentes de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Tarapoto, octubre del 2019



Dr. Yrwin Francisco Azabache Liza
DNI N°: 18070745

Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis.

1. Datos del autor:

Apellidos y nombres: <u>Azabache Liza Yrwin Francisco</u>	
Código de alumno :	Teléfono: <u>958425398</u>
Correo electrónico : <u>Yal32@hotmail.com</u>	DNI: <u>18070745</u>

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Datos Académicos

Facultad de: <u>Ecología.</u>
Escuela Profesional de: <u>Ingeniería Sanitaria.</u>

3. Tipo de trabajo de investigación

Tesis	(☒)	Trabajo de investigación	(☐)
Trabajo de suficiencia profesional	(☐)		

4. Datos del Trabajo de investigación

Título: <u>Efecto del Carbon activado, obtenido experimentalmente a partir de Cascara de café (Coffea Arabica L.) en la absorción de metales pesados, en aguas del acuífero del distrito de Yantalo, Moyobamba 2017</u>
Año de publicación: <u>2019</u>

5. Tipo de Acceso al documento

Acceso público *	(☒)	Embargo	(☐)
Acceso restringido **	(☐)		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

6. Originalidad del archivo digital.

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

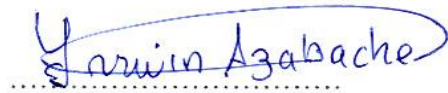
7. Otorgamiento de una licencia **CREATIVE COMMONS**

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI **“Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA”**.



Firma del Autor

8. Para ser llenado en la Oficina de Repositorio Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso Abierto de la UNSM – T.

Fecha de recepción del documento:

11 / 10 / 2019




Firma del Responsable de Repositorio
Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso
Abierto de la UNSM – T.

***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

**** Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

DEDICATORIA

A Dios, por brindarme sabiduría y salud.

Dedico a mis padres; que me motivan a seguir adelante.

A mi esposa; a mis hijas e hijo; por su compañía.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de San Martín- Facultad de Ecología; por su apoyo en la disposición del laboratorio de Biología y Química.

Al Instituto de Investigación y Desarrollo de la UNSM-T; por el financiamiento a la presente investigación.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I	2
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	2
1.1. Antecedentes de la investigación	2
1.2. Fundamento teórico científico	5
1.2.1. El carbón activado	5
1.2.2. Producción de carbones activados.....	7
1.2.3. Procesos de activación.....	8
1.2.4. Carbón activado en el tratamiento de aguas	10
1.3. Definición de términos básicos.....	12
CAPÍTULO II.....	14
MATERIAL Y MÉTODOS	14
2.1. Sistema de hipótesis.....	14
2.2. Sistema de variables.....	14
2.3. Tipo de método de la investigación	14
2.4. Diseño de investigación	14
2.5. Población y muestra.....	15
CAPÍTULO III	16
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	16
3.1. Técnicas de recolección de datos.....	16
3.2. Tratamiento estadístico e interpretación de cuadros-.....	17
3.3. Discusión de resultados.....	17
CONCLUSIONES.....	40
RECOMENDACIONES	41
BIBLIOGRAFÍA	42

ANEXOS	45
Anexo 1: Panel fotográfico	45

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Parámetros iniciales.....	17
Tabla 2. Variación de parámetros con 1,0 g de carbón activado.....	19
Tabla 3. Variación de parámetros con 1,5 g de carbón activado.....	20
Tabla 4. Variación de parámetros con 2 g de carbón activado.....	21
Tabla 5. resultados al variar el peso de carbón activado	22
Tabla 6. Variación de parámetros a 100 rpm.....	23
Tabla 7. Variación de parámetros a 200 rpm.....	24
Tabla 8. Variación de parámetros a 300 rpm.....	25
Tabla 9. Resultados obtenidos al variar las velocidades de agitación	26
Tabla 10. Variación de parámetros en 40 mL.	27
Tabla 11. Variación de parámetros en 80 mL.	28
Tabla 12. Variación de parámetros en 160 mL.	29
Tabla 13. Resultados obtenidos al variar los volúmenes de la muestra	30
Tabla 14. Variación de parámetros en 3 min.....	31
Tabla 15. Variación de parámetros en 4 min.....	32
Tabla 16. Variación de parámetros en 2 min.....	33
Tabla 17. Resultados obtenidos ante la variación de tiempo de agitación	34
Tabla 18. Remoción del hierro y el manganeso variando pesos	35
Tabla 19. Remoción del hierro y el manganeso variando velocidades	36
Tabla 20. Remoción del hierro y el manganeso variando el volumen	37
Tabla 21. Remoción del hierro y el manganeso variando el tiempo	38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama de los diferentes procesos que pueden tener lugar en la activación térmica	8
Figura 2: Diagrama de la activación química.....	10
Figura 3. Parámetros iniciales	18
Figura 4. resultados al variar el peso de carbón activado	22
Figura 5. Resultados obtenidos al variar las velocidades de agitación.....	26
Figura 6. Resultados obtenidos al variar los volúmenes de la muestra	30
Figura 7. Resultados obtenidos ante la variación de tiempo de agitación	34
Figura 8. Remoción del hierro y el manganeso variando pesos	35
Figura 9. Remoción del hierro y el manganeso variando velocidades	36
Figura 10. Remoción del hierro y el manganeso variando el volumen	37
Figura 11. Remoción del hierro y el manganeso variando el tiempo	38

Lista de siglas y abreviaturas

LMP:	Límites máximo permisible
pH:	Potencial de Hidrógeno
STD:	Sólidos totales disueltos
Mn y Fe:	Manganeso y Hierro

RESUMEN

La zona del Alto Mayo cuenta con una gran variabilidad en flora y fauna, una abundante vegetación y muchas vertientes acuáticas, ya sean galerías filtrantes o manantiales de agua dulce, que son aprovechadas por los pobladores de la región con la finalidad de satisfacer la necesidad básica del agua y alimento; el problema está que estas aguas que afloran a la superficie sin tratamiento alguno tienen en su composición hierro y manganeso. Así mismo la zona de Yantaló tiene acuíferos que son aprovechados por los pobladores, y por ser zona cafetalera, generan como residuos cáscara de café, las que pueden ser aprovechadas, como filtro que retenga estos metales pesados, no sin antes pasar por un proceso cuidadoso que es la transformación a carbón activado, siendo la presente investigación: Efecto del carbón activado, obtenido experimentalmente a partir de cáscara de café (*Coffea Arábica L.*), en la adsorción de metales pesados, en aguas del acuífero del distrito de Yantaló, Moyobamba. Como resultado se obtuvo carbón activado, utilizando como materia prima a la cascara de café, determinando que la dosis óptima para la remoción de hierro y manganeso, resulta al aplicar 2 gr de carbón activado en 80 mL de agua, a una velocidad de agitación de 200 rpm, en un tiempo de 3 minutos.

Palabras claves: cáscara de café, filtro, adsorción, hierro y manganeso, carbón activado.

ABSTRACT

The area of the High May has a great variability in flora and fauna, an abundant vegetation and many aquatic slopes, whether filtering galleries or springs of fresh water, which are used by the inhabitants of the region in order to satisfy the basic need of water and food; the problem is that these waters that come out to the surface without any treatment have in their composition iron and manganese. Likewise, the zone of Yantalo has aquifers that are taken advantage of by the settlers, and because it is a coffee zone, they generate coffee husks as waste, which can be used as a filter that retains these heavy metals, not without first going through a careful process that is the transformation to activated carbon, the present research being: Effect of activated carbon, obtained experimentally from coffee husks (*Coffea Arábica L.*), In the adsorption of heavy metals, in waters of the aquifer of Yantalo district, Moyobamba. As a result, activated charcoal was obtained, using the coffee husk as raw material, determining that the optimum dose for the removal of iron and manganese results from applying 2 g of activated carbon in 80 mL of water, at a stirring speed of 200 rpm, in a time of 3 minutes.

Key words: coffee husk, filter, adsorption, iron and manganese, activated carbon.



INTRODUCCIÓN

La naturaleza está compuesta por un sin fin de estructuras, cuya composición está en base a muchos elementos químicos, donde uno de los fundamentales está representado por el carbono, que se encuentra componiendo moléculas y macromoléculas, representando ciertas características que le permite ser afín a otros elementos de la tabla periódica, que por sus diversas características se hace aprovechable en beneficio para algunas actividades, como la propuesta en esta ocasión que es el tratamiento del agua; que podría ser aprovechada si no fuera por la gran cantidad de contaminación física y química que en ella puede contener; un ejemplo de ello son los metales pesados en altas concentraciones que la quebrada o río pueda contener y por ende la deficiencia de calidad para consumo humano. Hacerla saludable es uno de los retos para las sociedades, por la gran necesidad de agua para la población.

Nuestra localidad, es una zona productora de café a nivel nacional y se exporta a otros países; con este grano muy utilizado, se deja la cáscara para desecho y compost, pero replantear la idea para formar carbón activado en base a su cáscara, es una de las alternativas.

En la Amazonía peruana, la fuente de agua superficial representa el elemento vital para promover el desarrollo sostenible de nuestras comunidades, más aún cuando se utiliza para diferentes fines, entre los de mayor importancia están los de abastecimiento para uso poblacional, agrícola, pesquero, energético y otro de igual importancia.

En el distrito de Yantaló, existe un acuífero que abastece de agua como servicio ambiental a toda la comunidad aledaña, la misma que presenta evidencias de alta concentración de hierro y manganeso, cuya presencia indica un alto nivel de contaminación por metales pesados. Los problemas de la concentración de Fe y Mn en las aguas superficiales son una realidad y una demanda global, buscar una estrategia para hacerla de calidad para el consumo, es un reto. Estos metales pesados ocasionan grandes problemas para los sistemas de abastecimiento ya sea en cuanto al olor, sabor y pueden por su característica metálica corroer las captaciones.

CAPÍTULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. Antecedentes de la investigación

Internacionales

La presente investigación “La adsorción de Micropoluentes Orgánicos sobre carbón activo en el tratamiento del agua potable”, persigue desarrollar un modelo de simulación del proceso de adsorción que considere simultáneamente los tres aspectos claves siguientes: la competencia con la Materia Orgánica Natural (MON), la cinética que controla la adsorción y la hidrodinámica del reactor utilizado. (Red Iberoamericana de Potabilización y Depuración del Agua, (CYTED, 2010)

Se emplearon tres tipos de pesticidas (Atrazina, Cyromacina e Imidacloprid), dos tipos de carbones activos (F-400, francés y V-100, venezolano) a 30 °C, en agua natural y una mezcla de agua ultra-pura y agua natural (50/50). El agua natural proviene de la salida de los filtros de la Planta de Tratamiento de aguas de Barquisimeto. En el trabajo de investigación, se instrumentó un protocolo experimental que permite, mediante manipulaciones simples y rápidas, simular correctamente la cinética de adsorción de los pesticidas sobre carbón activo en agua natural. Llegando a demostrar que el carbón venezolano (V- 100) tiene una capacidad de adsorción muy inferior al carbón francés (F – 400), debido a que posee una menor área superficial por lo que se satura más rápidamente. El peso molecular (tamaño de la molécula) del pesticida influye directamente sobre el tiempo en que se alcanza el equilibrio.

El carbón activado, es un adsorbente preparado a partir de materiales carbonosos que se caracteriza por poseer una alta superficie interna, variedad de grupos funcionales y una buena distribución de poros, propiedades que le permiten atrapar una gran diversidad de moléculas. Bastidas (2009) en “Producción de Carbón Activado a partir de precursores carbonosos del departamento del Cesar, Colombia”, realizó el montaje de una unidad

experimental de activación para la obtención de carbones activados a partir de carbón bituminoso, endocarpio de coco y endocarpio de palma. El carbón bituminoso y los materiales biomásicos empleados provienen del Departamento del Cesar (Colombia) y fueron activados en un horno de atmósfera controlada.

De los resultados presentados, se puede observar la alta capacidad de adsorción de fenol de los carbones activados obtenidos por activación física con CO_2 para endocarpio de coco y endocarpio de palma, como también el obtenido por activación química con KOH del manto 240 m^2 , esto significa que estos materiales adsorbentes tienen alta probabilidad de ser empleados en tratamientos de aguas potables o residuales y brindar un buen desempeño en los sistemas de adsorción utilizados. La mayor capacidad de adsorción de fenol en solución acuosa se debe a la cantidad de fenol que se adsorbe en los microporos,

Nacionales

En el “Estudio de la adsorción de compuestos aromáticos, mediante Carbón Activado preparado a partir de la cáscara de Castaña”, se sintetizaron carbones activados por un proceso químico con el objetivo de analizar la capacidad de remoción de estos adsorbentes para eliminar los compuestos aromáticos (ácido benzoico, ácido salicílico, fenol) de las soluciones acuosas. Las condiciones tomadas en cuenta para la adsorción fueron el pH de la solución y la cantidad de adsorbente (Paredes, 2011). Se encontró que el proceso de adsorción no sólo dependía de la porosidad y de los grupos funcionales presentes en el carbón activado, sino también estaba afectado por la solubilidad y el peso del adsorbente, del número y tipo de grupos sustituyentes en el anillo aromático, de la acidez superficial en el adsorbente y las interacciones. Así pues, se determinó que el orden de remoción de mayor a menor fue: ácido salicílico > ácido benzoico > fenol.

En el trabajo de investigación titulado: Adsorción de Metales Pesados empleando Carbones Activados preparados a partir de semillas de Aguaje- Perú, en donde Aylas et.al (2014), utilizando la semilla de aguaje (fruto típico de la selva amazónica), empleada como un material precursor para la preparación de carbón activado usando ácido fosfórico como agente activante en dos concentraciones diferentes: 0,75 y 1,0 g. H_3PO_4 /g. de precursor. Utilizando varios equipos como el espectrofotómetro se ha realizado varias

pruebas las cuales se utilizaron en la adsorción de tres metales pesados: plomo, cadmio y cromo. Los resultados notables de la máxima capacidad de adsorción se lograron utilizando el carbón activado con soluciones con un pH mayor a 4; los valores obtenidos estaban en el siguiente orden: plomo ($74,8 \text{ mg g}^{-1}$), cadmio ($26,5 \text{ mg g}^{-1}$), cromo ($18,8 \text{ mg g}^{-1}$). Los factores más importantes que influyen en el proceso de adsorción fueron el pH de la solución, la estructura porosa y la acidez superficial del carbón activado.

Según BendeZú et. al (2010), en el trabajo de investigación titulado: Adsorción de Plomo de efluentes industriales usando Carbones Activados con H_3PO_4 , en esta investigación elaborado a partir de astillas de eucalipto, mediante activación química usando como agente activante al ácido fosfórico. Se estudiaron los parámetros que afectan el proceso de adsorción de plomo: tiempo de contacto, razón masa de carbón/volumen de la solución, temperatura y pH, lográndose obtener capacidades de adsorción de hasta $142,1 \text{ mg Pb/g}$. Se logró remover el 99,9% del plomo contenido en un efluente industrial.

Como en todos los demás trabajos de investigación se ha realizado la elaboración de carbón activado, pero se activa con otro compuesto, por eso en el trabajo de investigación titulado: Adsorción de azul de metileno en medio acuoso empleando carbones activados y Carbones Activados modificados con Nanopartículas de ZnO , elaborado por Cruz (2016), aquí se elaboraron carbones activados y carbones activados modificados con nanopartículas de ZnO fueron preparados mezclando residuos agroindustriales como coronta de maíz o pepa de ciruela con ZnCl_2 , como agente químico activador y acetato de Zn , llegando a los siguientes resultados, los estudios cinéticos de adsorción con azul de metileno, mostraron que el carbón activado modificado con ZnO procedente de la coronta de maíz, mejora su proceso cinético con la presencia de la radiación UV. Sin embargo, los carbones activados tienen mejores propiedades de adsorción que los modificados con ZnO debido a que las nanopartículas de ZnO cubrirían los sitios activos del carbón activado.

Locales

En la investigación “Determinación de la eficiencia del carbón activado obtenido experimentalmente a partir de residuos agrícolas del Alto Mayo”, la problemática sobre la contaminación por las cáscaras de café es tan considerable como la producida por las de coco y cacao, aunque no se puede ver mucho este impacto, porque la producción de café generalmente se concentra en el campo agrícola o en fincas; se ha querido determinar su eficiencia del carbón obtenido experimentalmente; (Terrones, 2013) obtuvo carbón activado a partir de residuos agrícolas con buena eficiencia de adsorción, llegando a porcentajes promedios que superan el 60% adsorción, la eficiencia del carbón activado de la cascara de café es a una temperatura de 650°C (89,86%), tiempo de contacto del carbón activado con la solución de azul de metileno de 2 min (76,9%) y agregando 1 gr (85,6%).

1.2. Fundamento teórico científico

1.2.1. El carbón activado

El nombre de carbón activado se aplica a una serie de carbones porosos preparados artificialmente a través de un proceso de carbonización, para que exhiban un elevado grado de porosidad y una alta superficie interna (Universidad de Sevilla, 2007).

La utilización de carbón activado, contribuye a la reducción de las emisiones al permitir la limpieza y separación de diversos componentes en los flujos líquidos y gaseosos, esta utilización no es de tiempos recientes, en la antigüedad ya se utilizaba en la desintoxicación de enfermos debido a sus propiedades de adsorción que tiene, hoy en día dichos usos se han diversificado a diferentes actividades y procesos tal el caso en el tratamiento de aguas (Gómez, Klose y Rincón, 2010).

El carbón activo, o carbón activado, es un material de carbón poroso. Un material carbonizado que se ha sometido, a reacción con gases oxidantes (como CO₂ o aire), o con vapor de agua; o bien a un tratamiento con adición de productos químicos como el H₃PO₄, durante (o después) de un proceso de carbonización, con el objeto

de aumentar su porosidad. Los carbones activos poseen una capacidad de adsorción elevada y se utilizan para la purificación de líquidos y gases. Mediante el control adecuado de los procesos de carbonización y activación se puede obtener una gran variedad de carbones activos que posean diferentes distribuciones de tamaño de poros (Menéndez, 2008).

El nombre de carbón activado se aplica a una serie de carbones porosos preparados artificialmente a través de un proceso de carbonización, para que exhiban un elevado grado de porosidad y una alta superficie interna.

Aplicaciones

- En la industria azucarera
- Aceites y grasas comestibles
- Bebidas alcohólicas
- Productos químicos y farmacéuticos
- Recuperación de disolvente
- Recuperación de sustancias adsorbidas
- Catálisis

Composición química

Desde el punto de vista de la composición química, el carbón activo es carbón prácticamente puro, al igual que lo es el diamante, el grafito, el negro de humo y los diversos carbones minerales o de leña. (Chiemivall, 2015). Todos ellos poseen la propiedad de adsorber, que consiste en un fenómeno fisicoquímico en el que un sólido llamado adsorbente atrapa en sus paredes a cierto tipo de moléculas, llamadas adsorbatos y que están contenidas en un líquido o gas.

La composición química del carbón activo es aproximadamente un 75-80% en carbono, 5-10% en cenizas, 60% en oxígeno y 0,5% en hidrógeno.

Estructura física

El carbón activo posee una estructura microcristalina que recuerda en cierta medida a la del grafito. Esta estructura que presenta el carbón activo da lugar

normalmente a una distribución de tamaño de poro bien determinada. Así, se pueden distinguir tres tipos de poros según su radio: macroporos ($r > 25$ nm), mesoporos ($25 > r > 1$ nm) y microporos ($r < 1$ nm). (Aguapedia.net, 2016)

Tipos

Los carbones activos pueden clasificarse atendiendo al tamaño de las partículas en carbón activo en polvo (CAP) y carbón activo granular (CAG). Los CAP presentan tamaños menores de 100 μm , siendo los tamaños típicos entre 15 y 25 μm . Los CAG presentan un tamaño medio de partícula entre 1 y 5 mm. Los CAG pueden dividirse en dos categorías: (i) carbón activo troceado (o sin forma) y (ii) carbón activo conformado (o con una forma específica, cilindros, discos, etc.). Los carbones activos troceados se obtienen por molienda, tamizado y clasificación de briquetas de carbón o de trozos más grandes. Existen además otras formas de adsorbentes de carbón, como las fibras de carbón activadas, las telas y los fieltros de carbón activado, las estructuras monolíticas, las membranas de carbón, etc. (Menéndez, 2008)

1.2.2. Producción de carbones activados

Materiales de partida. Prácticamente cualquier material orgánico con proporciones relativamente altas de carbono es susceptible de ser transformado en carbón activo. Los carbones activos obtenidos industrialmente pueden provenir de madera y residuos forestales u otros tipos de biomasa, turba, lignito y otros carbones minerales, así como de diferentes polímeros y fibras naturales o sintéticas. Existen, no obstante, algunas limitaciones. Así, desde un punto de vista estructural los carbones activos son carbones muy desordenados e isotropos. Por tanto, no serán adecuados para preparar carbones activos aquellos materiales carbonosos que pasen por un estado fluido o pseudofluido. No resultan adecuados, por tanto, los carbones coquizables, salvo que se eliminen sus propiedades coquizantes, mediante una oxidación previa, por ejemplo. Del mismo modo, tampoco resultan adecuados los residuos termoplásticos. Los factores que hay que tener en cuenta para elegir un precursor adecuado son: buena disponibilidad y bajo coste, bajo

contenido en materia mineral y que el carbón resultante posea unas buenas propiedades mecánicas y capacidad de adsorción. Los residuos de madera, las cáscaras de coco y frutos secos, así como las semillas de algunas frutas junto con los carbones minerales y el coque de petróleo, son los precursores más usados. (Menéndez, 2008)

1.2.3. Procesos de activación

- Activación física/ térmica

Consiste en hacer reaccionar al agente activante con los átomos de carbono del carbonizado que está siendo activado; de forma que se produce un “quemado selectivo” que va horadado progresivamente al carbonizado, generando poros y aumentando la porosidad hasta transformarlo en un carbón activado. Los agentes activantes que se suelen usar son: Oxígeno (raramente a escala industrial), aire, vapor de agua (el más usado) y CO_2 . Estos agentes dan lugar a las siguientes reacciones químicas donde se eliminan átomos de carbono produciendo así la porosidad. (Aguapedia.net, 2016)

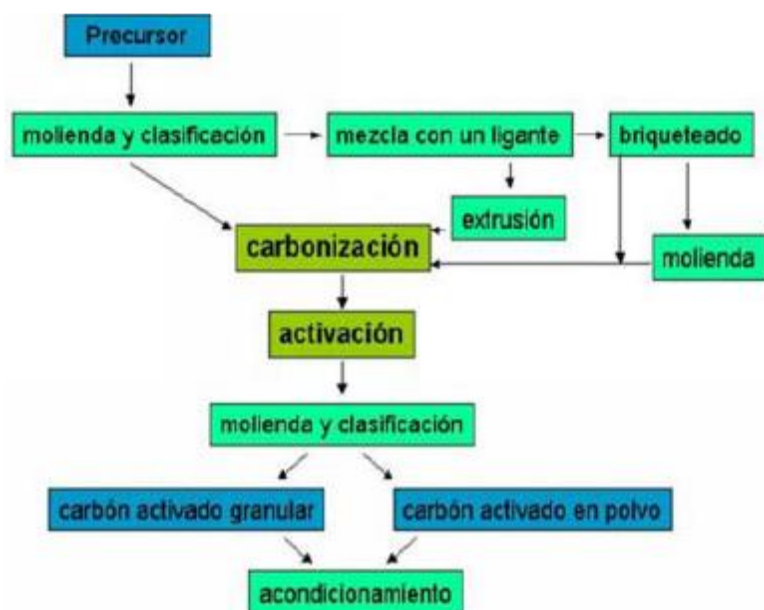


Figura 1: Diagrama de los diferentes procesos que pueden tener lugar en la activación térmica

Fuente: (<http://www.aguapedia.net>)

Pirolisis

Consistente en una calefacción a temperaturas relativamente baja (generalmente 400-700 °C) en atmósfera inerte, generalmente de nitrógeno o helio, para romper las uniones entre los átomos de carbono (Martínez, 2012)

Gasificación

Consistente en un tratamiento oxidante a altas temperaturas (800-1100 °C) en presencia de agentes oxidantes, como vapor de agua, CO₂, aire o una combinación de los mismos. Durante este proceso se abre y se desarrolla la porosidad en el material (Martínez, 2012).

- Activación química

Este tipo de activación consiste en adicionar un agente activante al precursor antes de realizar la carbonización, con el fin de reducir la formación de materia volátil alquitranes y, por lo tanto, evitar la obstrucción de los poros consiguiendo también un aumento en el rendimiento en carbono sólido. En primer lugar, se mezcla el precursor con el agente activante (ácido fosfórico, cloruro de zinc o carbonato de potasio) durante varias horas generalmente con agitación y luego se lava hasta dejarlo libre del químico utilizado (Martínez, 2012).

Este proceso se desarrolla en una sola etapa, calentando en atmósfera inerte una mezcla del agente activante con el material de partida. Las sustancias más usadas son: ácido fosfórico (H₃PO₄), Cloruro de cinc (ZnCl₂), ácido sulfúrico (H₂SO₄), aunque también se han usado sulfuros y tiocianatos de potasio, cloruros de calcio y magnesio, hidróxidos de metales alcalinos, entre otras sustancias, siempre en dependencia de la materia prima original a utilizar y el mayor o menor volumen de poros de un tipo o de otro que se quiera obtener.

Entre las materias primas de origen vegetal, se utiliza fundamentalmente aserrín de madera y como agente activante el ácido fosfórico (H₃PO₄). Considerando

que el aserrín es un desecho y el activante se puede recuperar, hace al proceso comercialmente viable, aunque también se utilizan otras materias primas como los carbones minerales. El proceso involucra el mezclado de la materia prima original con el agente activante (deshidratante), formando una pasta que luego es secada y carbonizada en un horno, a una temperatura entre 200 y 650 °C, ocurriendo una deshidratación con el resultado final de la creación de una estructura porosa y una ampliación del área superficial. Los parámetros fundamentales que controlan el proceso de activación química y el producto a obtener son: la relación de impregnación, la temperatura de activación y el tiempo de residencia. La dependencia de la estructura del carbón con estas variables puede ser seguida por los cambios en las formas de las isothermas de adsorción. (Aguapedia.net, 2016)



Figura 2: Diagrama de la activación química

Fuente: (Aguapedia.net, 2016)

1.2.4. Carbón activado en el tratamiento de aguas

La filtración por carbón activo se emplea en la industria azucarera, química, farmacéutica etc. así como en el tratamiento de aguas, debido a su gran capacidad de adsorción de diversos elementos, sumado a la posibilidad de limpieza del lecho

filtrante con gran facilidad y rapidez, así como a la capacidad de regeneración del mismo.

En el ámbito del tratamiento de aguas, estos procesos se emplean para depuraciones de agua subterránea, purificaciones del caudal final de las Estaciones de Tratamiento de Agua Potable ETAP, decoloraciones del agua, depuración de aguas para piscinas, refinamiento de las aguas residuales tratadas, etc. (Ambientum, 2003)

Los lechos de carbón activo se instalan en columnas de filtrado, con o sin presión, siendo la función desarrollada por éste la de filtrado final, en combinación con filtros de arenas, actuando como adsorbente o, individualmente, actuando como filtro mecánico y adsorbente.

La adsorción con carbón activo consiste en retirar del agua las sustancias solubles mediante el filtrado a través de un lecho de este material, consiguiéndose que los oligominerales pasen a través de los microporos, separando y reteniendo en la superficie interna de los gránulos los compuestos más pesados. (Ambientum, 2003)

Este proceso retiene sustancias no polares como aceite mineral, polihidrocarburos aromáticos, cloro y derivados, sustancias halogenadas como I, Br, Cl, H, F, sustancias generadoras de malos olores y gustos en el agua, levaduras, residuos de la fermentación de materia orgánica, microorganismos, herbicidas, pesticidas, etc., todo ello sin alterar la composición original del agua, respetando los oligominerales y sin generar residuos contaminantes. (Ambientum, 2003)

Factores que influyen en la adsorción de compuestos presentes en el agua

- El tipo de compuesto que desee ser eliminado. Los compuestos con elevado peso molecular y baja solubilidad se absorben más fácilmente
- La concentración del compuesto que desea ser eliminado. Cuanta más alta sea la concentración, más carbón se necesitará.

- Presencia de otros compuestos orgánicos que competirán con otros compuestos por los lugares de adsorción disponibles.
- El pH del agua. Por ejemplo, los compuestos ácidos se eliminan más fácilmente a pH bajos.

Problemas del hierro en el agua

El hierro y el manganeso pueden darle al agua un sabor, olor y color indeseable. El hierro causa manchas rojizos-café en la ropa, porcelana, platos, utensilios, vasos, lavaplatos, accesorios de plomería y concreto. El manganeso causa manchas café negras en los mismos materiales. Los detergentes no remueven estas manchas. El cloro casero y los productos alcalinos (tales como el sodio y el bicarbonato) pueden intensificar las manchas.

Los depósitos de hierro y manganeso se acumulan en los tubos de cañerías, tanques de presión, calentadores de agua y equipo ablandador de agua. Estos depósitos restringen el flujo del agua y reducen la presión del agua. Más energía se requiere para bombear agua a través de tubos tapados y para calentar agua si los rodos de los calentadores están cubiertos con depósitos minerales. Esto aumenta los costos de la energía y el agua. (Farland & Dozier, 2004).

1.3. Definición de términos básicos

Adsorbente: Material, como el carbón activo, en el que se realiza el fenómeno de la adsorción.

Adsorción: Adhesión de un finísimo estrato de moléculas, líquidas o gaseosas, a la superficie de sólidos (carbón activo) con los que aquéllas entran en contacto

Café: Planta que pertenece al género *Coffea*, se caracteriza por una hendidura en la parte central de la semilla. Se encuentran desde pequeños arbustos hasta árboles de más de 10 m sus hojas, que son simples, opuestas y con estípulas, varían tanto en tamaño como en textura; sus flores son completas (en la misma flor se encuentran todos los órganos)

blancas y tubulares; y los frutos, son unas drupas de diferentes formas, colores y tamaños, dentro de las cuales se encuentran las semillas, normalmente dos por fruto (INFOAGRO, 2012)

Macroporos: Se llaman así a los poros contenidos en el carbón activo cuyo diámetro sea superior a los 500 Angstroms.

Mesoporos: Poros contenidos en el carbón activo cuyo diámetro queda comprendido entre los 500 y los 30 Angstroms.

Microporos: Poros contenidos en el carbón activo cuyo diámetro sea inferior a 30 Angstroms.

CAPÍTULO II

MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Sistema de hipótesis

Mediante el Carbón activado obtenido experimentalmente a partir de cascara de café (*Coffea Arábica L.*) se puede adsorber significativamente los metales pesados presentes en Acuífero del distrito de Yantaló, Moyobamba, 2017.

2.2. Sistema de variables

Variable Independiente: Carbón Activado, obtenido experimentalmente a partir de cáscara de café (*Coffea Arábica L.*).

Variable Dependiente: Absorción de metales pesados, en aguas del acuífero del distrito de Yantaló.

2.3. Tipo de método de la investigación

Aplicada, pues apunta a solucionar una problemática de evidencia empírica concreta, la problemática del estado de nuestras aguas y la utilización de todos nuestros recursos.

2.4. Diseño de investigación

Para la presente investigación se empleará el diseño pretest-posttest de un solo grupo. En este diseño se efectúa una observación antes de aplicar el estímulo (O1) y otra después de su aplicación (O2). Por lo general las observaciones se obtienen a través de la aplicación de una prueba u observación directa, cuyo nombre asignado depende del momento de aplicación. Como base de la formación de la experimentación se ha realizado la preparación experimental del carbón activado, que luego será aplicado a la muestra acuosa del acuífero de Yantaló donde se observará la efectividad de la adsorción de metales pesados.

O_1 X O_2

O1: Obtención del Carbón Activado

O2: evaluación de la efectividad de la remoción de hierro y manganeso.

Para la elaboración experimental del carbón activado, se desarrollará de manera cualitativa y cuantitativa, el efecto de la adsorción de metales pesados (Fe y Mn) del agua del mismo distrito. La presente investigación tiene una cobertura para las aguas del acuífero del distrito de Yantaló, Provincia de Moyobamba.

2.5. Población y muestra

Población: Los residuos agrícolas cascaras del café (*Coffea Arábica L.*) del Alto Mayo.

Muestra: 1kg de cáscara de café del distrito de Yantaló.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Técnicas de recolección de datos

Observación directa y registro fotográfico in-situ.

Elaboración del carbón y observación en laboratorio

Se toman los siguientes pasos:

- Pre-secado de la materia prima. En este caso la cascará de café fue secada en un lapso de dos semanas, a la intemperie.
- Secado de la materia prima. Con la mufla se hizo un secado más riguroso por un lapso de 24 horas. Con la finalidad de eliminar el contenido de humedad.
- Trituración de la materia prima
- Impregnación del agente activante

En la impregnación del agente activante, se realizó con la aplicación del ácido fosfórico a 37% de concentración.

- Carbonización-activación

La carbonización y activación se realizó en una sola etapa. La carbonización se realizó en una mufla con rango de 25°C a 1400°C, con una velocidad de calentamiento de 20°C/minuto, donde las muestras son colocadas en crisoles.

En esta etapa se varía las temperaturas desde 550°C, 600°C, 650°C, 700°C, 750°C.

Llegando a dichas temperaturas, se dejó carbonizar por un periodo de 30 minutos.

- Obtención de carbón activado
- Molienda del carbón activado
- Lavado
- Secado

Luego de la obtención del carbón activado se realizó el análisis de la remoción del hierro y manganeso en las aguas del acuífero, cuyos resultados son presentados en cuadros estadísticos y gráficos.

Las aguas del acuífero; se sometieron al proceso de adsorción con carbones activado, obtenidos a diferentes temperaturas. Además, se hizo análisis experimentales de

adsorción del hierro y manganeso, con diferentes concentraciones de carbón activado.

3.2. Tratamiento estadístico e interpretación de cuadros-

Para la presentación de los resultados obtenidos se utilizó tablas y gráficos, las cuales fueron elaboradas con Microsoft Excel en donde se procesó y se obtuvo el producto final. Para la determinación de la validez de los resultados obtenidos se utilizó el Alfa de Crombach obteniéndose un resultado de 0,748, por lo cual se consideran que los resultados están dentro del rango de confiabilidad.

3.3. Discusión de resultados.

3.3.1. Determinación de los parámetros físicos y químicos del agua del acuífero del distrito de Yantaló, Moyobamba, 2017 al inicio sin utilizar el carbón activado obtenido experimentalmente:

Tabla 1.

Parámetros iniciales

Parámetro	Unidad	Inicial		
		In situ	Laboratorio	Promedio
T°	°C	25,2	24,9	25,05
pH	pH	5,4	6,6	6
Turbidez	UNT	20,01	18,77	19,39
STD	ppm	100	821	460,5
Color	UPC	213	105	159
Hierro	mg/L	1,29	1,01	1,15
Manganeso	mg/L	1,46	1,36	1,41

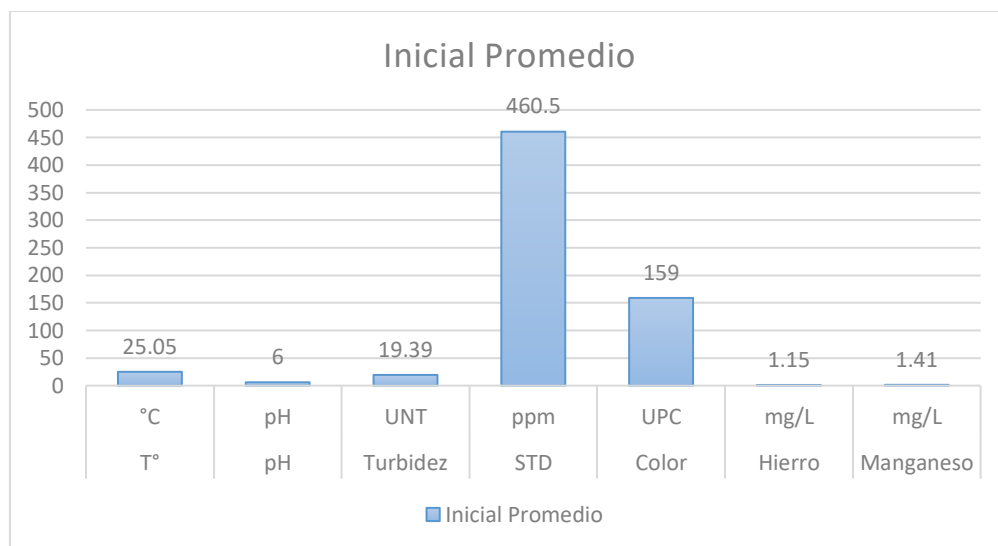


Figura 3. Parámetros iniciales

Interpretación:

La tabla muestra los resultados de los parámetros iniciales de la muestra tanto en laboratorio como en el punto de muestreo, en donde se puede apreciar que la temperatura disminuye de 25,2 a 24,9, el pH disminuye de 5,4 a 6,6; la turbidez de 20,01 a 18,77 ppm igual y así con todos los parámetros disminuyen producto de la estabilización y sedimentación del agua. Según los datos de gráfico se puede apreciar el promedio de los valores iniciales del agua a tratar tanto en laboratorio como en el punto de muestro, en donde la temperatura en grados Celsius es de 25,05, el pH se mantiene en 6, la turbidez en 19,39 el color en 159, la cantidad de hierro inicial de 1,15 mg/L y manganeso es 1,41 mg/L.

- 3.3.2. Determinación del parámetros físicos y químicos del agua del acuífero del distrito de Yantaló, Moyobamba, 2017 utilizando el carbón activado obtenido experimentalmente:

Variación del peso del carbón activado

Tabla 2.

Variación de parámetros con 1 g de carbón activado

Peso del soluto		1 g.
Peso de la solución		40 mL
Tiempo		2 min
Velocidad		60 rpm
Parámetro	Unidad	Muestra 01
T°	°C	26,4
pH	pH	5,2
Turbidez	UNT	8,72
STD	ppm	39,07
Color	UPC	70
Hierro	mg/L	0,05
Manganeso	mg/L	0,07

Interpretación:

Al realizar la prueba de colocar 1 gramo de carbón activado a base de cáscara de café en 40 mL de agua a tratar, se logró remover el hierro presente en la misma desde 0,9 que es valor registrado en laboratorio hasta un 0,05 mg/L el mismo que está por debajo del LMP establecidos para ser apta para el consumo humano, lo mismo ocurre con el manganeso que inicialmente tuvo 1,36 mg/L, pero que logro bajar hasta un 0,07 mg/L.

Tabla 3.

Variación de parámetros con 1,5 g de carbón activado

Peso del soluto		1,5 g.
Peso de la solución		40 mL
Tiempo		2 min
Velocidad		60 rpm
Parámetro	Unidad	Muestra 2
T°	°C	27,4
pH	pH	5,3
Turbidez	UNT	2,91
STD	ppm	30,7
Color	UPC	10
Hierro	mg/L	0,04
Manganeso	mg/L	0,068

Interpretación:

Al momento de realizar la dosificación de 01 gramo con un volumen de 40 mL de muestra con una agitación de 10 rpm durante 03 minutos se logró obtener 0,04 mg/L de hierro residual y para el manganeso un valor de 0,068 mg/L demostrando ser este tratamiento es mucho más eficiente en la obtención de los parámetros deseados.

Tabla 4.

Variación de parámetros con 2 g de carbón activado

Peso del soluto		2. g.
Peso de la solución		40 mL
Tiempo		2 min
Velocidad		60 rpm
Parámetro	Unidad	Muestra 03
T°	°C	26,4
pH	pH	5,2
Turbidez	UNT	2,03
STD	ppm	30,01
Color	UPC	0
Hierro	mg/L	0,04
Manganeso	mg/L	0,06

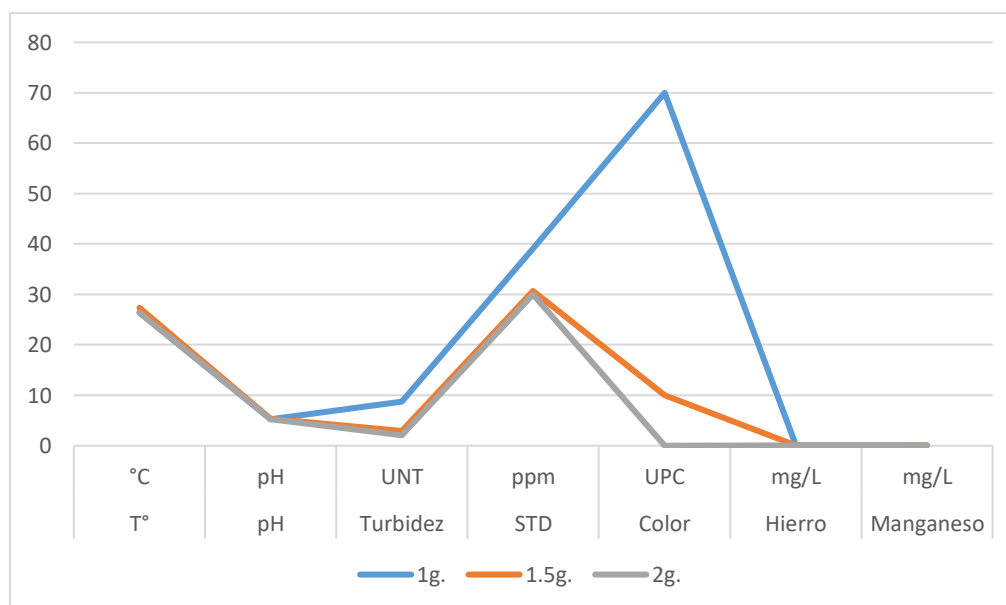
Interpretación:

Al combinar 1,5 gramos de carbón activado se logran obtener resultados que están cerca de lo permitido en los LMP establecidos, al realizar la prueba de 2 gramos de carbón activado con un volumen de 40 mL el hierro que queda luego de aplicar el tratamiento es de tan solo 0,04 mg/L estando dicho valor cerca del LMP establecido y para el manganeso el valor es de 0,06 mg/L.

Tabla 5.

Resultados al variar el peso de carbón activado

Pesos		1g.	1.5g.	2g.
Parámetro	Unidad			
T°	°C	26,4	27,4	26,4
pH	pH	5,2	5,3	5,2
Turbidez	UNT	8,72	2,91	2,03
STD	ppm	39,07	30,7	30,01
Color	UPC	70	10	0
Hierro	mg/L	0,05	0,04	0,04
Manganeso	mg/L	0,07	0,068	0,06

*Figura 4. Resultados al variar el peso de carbón activado***Interpretación:**

La figura muestra la curva de eficiencia en remoción de hierro y otros parámetros secundarios, en donde la más óptima es el tratamiento en base a la aplicación de 2 gramos por cada 40 mL de agua a tratar.

Se realizaron diferentes pruebas en donde el factor de modificación fue la cantidad de carbón activado con los demás factores constantes tales como la rpm, volumen

y tiempo, en donde el resultado óptimo es con 2 gramos en donde la remoción de hierro llega desde los 1,01ppm hasta los 0,04 mg/L, y 0,06 mg/L, la cual según los LMP está cerca del rango de aceptación para el agua de consumo humano.

Variación de la velocidad de la mezcla con carbón activado

Tabla 6.

Variación de parámetros a 100 rpm.

Peso del soluto		2 g.
Peso de la solución		40 mL
Tiempo		2 min
Velocidad		100 rpm
Parámetro	Unidad	Muestra 01
T°	°C	25,9
pH	pH	5,4
Turbidez	UNT	1,34
STD	ppm	27,5
Color	UPC	5
Hierro	mg/L	0,06
Manganeso	mg/L	0,063

Interpretación:

Luego de la variación de los pesos en cuanto a la utilización de carbón activado, se ha realizado otros ensayos, esta vez realizando la variación de las velocidades comenzando por los 100 rpm en donde encontramos todos los parámetros conformes a los LMP y aunque se ha realizado una variación positiva del hierro con 0,06 mg/L y manganeso con 0,063 mg/L, aún no logra estar conforme a lo permitido por la normatividad peruana.

Tabla 7.

Variación de parámetros a 200 rpm.

Peso del soluto		2 g.
Peso de la solución		40 mL
Tiempo		2 min
Velocidad		200 rpm
Parámetro	Unidad	Muestra 02
T°	°C	26,6
pH	pH	5,2
Turbidez	UNT	0,98
STD	ppm	21,3
Color	UPC	4,0
Hierro	mg/L	0,05
Manganeso	mg/L	0,055

Interpretación:

Luego de terminar que la dosis optima en la remoción de hierro resulta al aplicar 2 gramos con 40 mL de agua, se propuso determinar la dosis más óptima al variar tan solo la velocidad de agitación, llegando a observar que cuando se utiliza una velocidad de 200 rpm se tiene una remoción hasta el valor 0,05 mg/L de hierro y 0,055 mg/L de manganeso.

Tabla 8.

Variación de parámetros a 300 rpm.

Peso del soluto		2 g.
Peso de la solución		40 mL
Tiempo		2 min
Velocidad		300 rpm
Parámetro	Unidad	Muestra 3
T°	°C	26
pH	pH	4,9
Turbidez	UNT	2,27
STD	ppm	30,9
Color	UPC	3,0
Hierro	mg/L	0,06
Manganeso	mg/L	0,047

Interpretación:

Cuando se utiliza una velocidad de 300 rpm se logra remover hasta un mínimo de hierro residual de 0,06 mg/L y de manganeso 0,047 mg/L; quedando establecido que la dosis más óptima es la combinación de 2 gramos de carbón con 40 mL de agua y 200 rpm durante un tiempo de agitación de 2 minutos.

Tabla 9.

Resultados obtenidos al variar las velocidades de agitación

Velocidades		100 rpm	200 rpm	300 rpm
Parámetro	Unidad			
T°	°C	25,9	26,6	26
pH	pH	5,4	5,2	4,9
Turbidez	UNT	1,34	0,98	2,27
STD	ppm	27,5	21,3	30,9
Color	UPC	5	4	3
Hierro	mg/L	0,06	0,05	0,06
Manganeso	mg/L	0,063	0,055	0,047

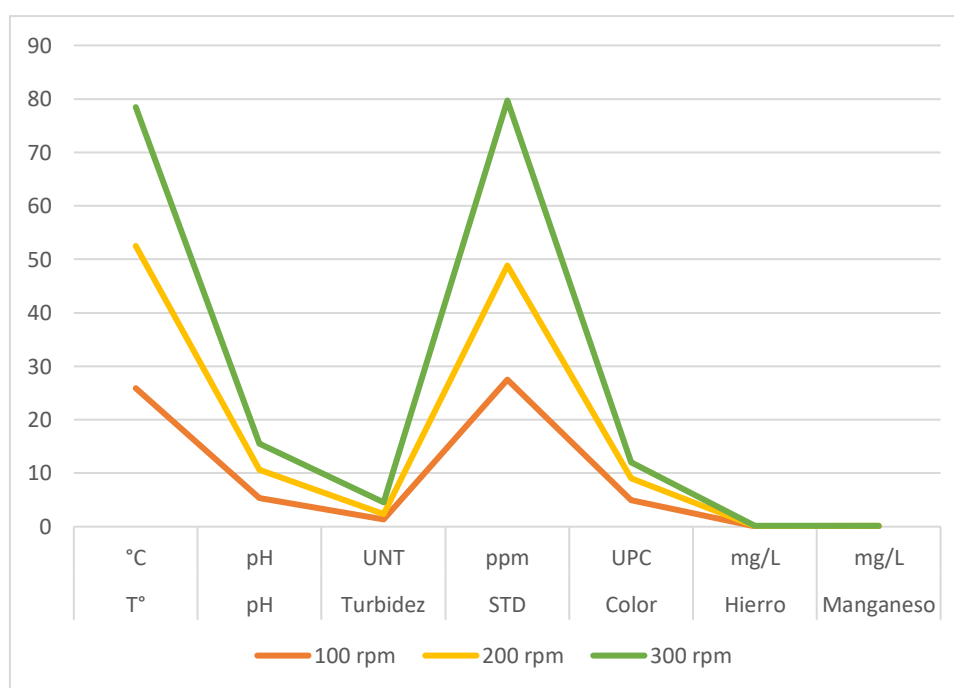


Figura 5. Resultados obtenidos al variar las velocidades de agitación

Interpretación:

El gráfico muestra la curva de eficiencia de remoción de hierro y otros parámetros indicadores de calidad del agua, en donde la velocidad de agitación a la cual se obtienen los mejores resultados es a 200 rpm pero que sin embargo se muestra una

particularidad que a esta velocidad de agitación el color es mayor que en las dos demás pruebas.

La tabla muestra los resultados obtenidos ante la variación de revoluciones por minutos, manteniendo el tiempo en 2 min, con 40 mL de muestra y 2 g de carbón activado en la cual según los datos que se pueden apreciar en la tabla la dosis óptima en función de la remoción del hierro presente en el agua es la de 200 rpm, debido a que con esta velocidad de agitación el hierro residual es de tan sólo 0,05 y de manganeso 0,055 a diferencia de las demás otras 2 variaciones de velocidad en donde si bien es cierto también están dentro del rango de aceptación pero son mayores al valor registrado en 0,01 para el hierro y menor en la mayor velocidad para el manganeso.

Variando el volumen de la muestra

Tabla 10.

Variación de parámetros en 40 mL.

Peso del soluto		2 g.
Peso de la solución		40 mL
Tiempo		2 min
Velocidad		200 rpm
Parámetro	Unidad	Muestra 1
T°	°C	26,6
pH	pH	5,2
Turbidez	UNT	0,98
STD	ppm	21,3
Color	UPC	4
Hierro	mg/L	0,05
Manganeso	mg/L	0,06

Interpretación:

Se ha realizado este ensayo variando el volumen de la muestra, se ha recogido 40 mL de agua del acuífero sometido a los valores óptimos en velocidad y peso, llegando a tener valores bajos, pero aún no aptos según los LMP para el hierro y el manganeso.

Tabla 11.

Variación de parámetros en 80 mL.

Peso del soluto		2 g.
Peso de la solución		80 mL
Tiempo		2 min
Velocidad		200 rpm
Parámetro	Unidad	Muestra 2
T°	°C	26,7
pH	pH	5,4
Turbidez	UNT	0,47
STD	ppm	20,4
Color	UPC	5
Hierro	mg/L	0,05
Manganeso	mg/L	0,05

Interpretación:

En este ensayo se ha aumentado el volumen de la muestra a unos 80 mL, este ha permitido una buena acción del carbón activado, bajando a ambos parámetros con 0,05 mg/L tanto para hierro como para manganeso, entre las corridas se ha determinado que para 80 mL se bajó estos parámetros.

Tabla 12.

Variación de parámetros en 160 mL.

Peso del soluto		2 g.
Peso de la solución		160 mL
Tiempo		2 min
Velocidad		200 rpm
Parámetro	Unidad	Muestra 03
T°	°C	25,5
pH	pH	4,8
Turbidez	UNT	0,49
STD	ppm	33,4
Color	UPC	5
Hierro	mg/L	0,06
Manganeso	mg/L	0,06

Interpretación:

En este ensayo se ha aumentado el volumen de la muestra a unos 160 mL, este ha permitido una buena acción del carbón activado, bajando a ambos parámetros con 0,06 mg/L tanto para hierro como para manganeso, para este volumen ha sido un poco menos eficiente pues se considera que el carbón activado empieza a perder eficiencia debido al mayor volumen.

Tabla 13.

Resultados obtenidos al variar los volúmenes de la muestra

Volúmenes		40 mL	80 mL	160 mL
Parámetro	Unidad			
T°	°C	26,6	26,7	25,5
pH	pH	5,2	5,4	4,8
Turbidez	UNT	0,98	0,47	0,49
STD	ppm	21,3	20,4	33,4
Color	UPC	4	5	5
Hierro	mg/L	0,05	0,05	0,06
Manganeso	mg/L	0,06	0,05	0,06

Interpretación:

La tabla muestra los resultados obtenidos al variar los volúmenes, manteniendo constante la dosis de 2 gr, la velocidad de agitación en 200 rpm y el tiempo en dos minutos en donde según los resultados obtenidos en volumen al cual se obtienen los mejores índices de remoción del hierro es a 40 y 80 mL, pero que sin embargo comparamos factores secundarios como el color el de 80 resulta ser más efectivo.

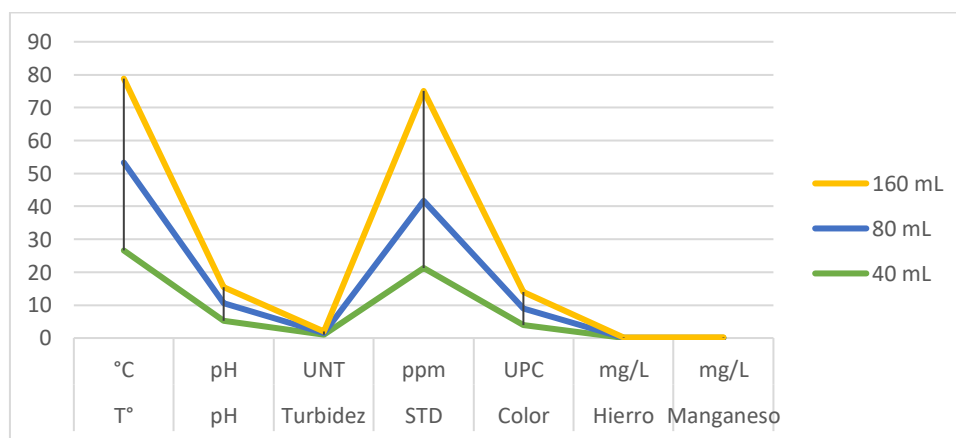


Figura 6. Resultados obtenidos al variar los volúmenes de la muestra

Interpretación:

El gráfico muestra que la mayor eficiencia de remoción de hierro se tiene cuando se utiliza un volumen de 80ml con los demás factores especificados.

Variando el tiempo de la prueba

Tabla 14.

Variación de parámetros en 3 min.

Peso del soluto		2 g.
Peso de la solución		80 mL
Tiempo		3 min
Velocidad		200 rpm
Parámetro	Unidad	Muestra 01
T°	°C	25,9
pH	pH	4,9
Turbidez	UNT	0,8
STD	ppm	22,01
Color	UPC	0
Hierro	mg/L	0,03
Manganeso	mg/L	0,04

Interpretación:

Se ha realizado las pruebas tomando todos los valores óptimos obtenidos para cada prueba, esta vez se ha variado el tiempo que se utiliza para remover la mezcla con el carbón activado, en tres minutos se ha llegado a los resultados esperados en cuando a los valores obtenidos de los metales pesado que con 0,03 mg/L para hierro y 0,04 mg/L para el manganeso.

Tabla 15.

Variación de parámetros en 4 min

Peso del soluto		2 g.
Peso de la solución		80 mL
Tiempo		4 min
Velocidad		200 rpm
Parámetro	Unidad	Muestra 02
T°	°C	25,5
pH	pH	4,9
Turbidez	UNT	0,52
STD	ppm	33,24
Color	UPC	5
Hierro	mg/L	0,05
Manganeso	mg/L	0,045

Interpretación:

Esta vez se ha variado el tiempo que se utiliza para remover la mezcla con el carbón activado, en 4 minutos se ha podido llegar a los resultados esperados en cuando a los valores obtenidos de los metales pesado que con 0,05 mg/L para hierro y 0,045 mg/L para el manganeso, los cuales son bajas, pero no alcanzan para estar acordes a lo estipulado por el LMP.

Tabla 16.

Variación de parámetros en 2 min

Peso del soluto		2 g.
Peso de la solución		80 mL
Tiempo		6 min
Velocidad		200 rpm
Parámetro	Unidad	Muestra 03
T°	°C	25,5
pH	pH	4,8
Turbidez	UNT	2,01
STD	ppm	31,5
Color	UPC	5
Hierro	mg/L	0,06
Manganeso	mg/L	0,05

Interpretación:

Esta vez se ha realizado una corrida común con el tiempo mucho más extenso al que se ha estado utilizando a unos seis minutos de prueba, este tiempo que se emplea para la acción del carbón con la muestra, si bien es cierto la bajo, no actúa totalmente acorde a lo esperado y lo estipulado en el LMP.

Tabla 17.

Resultados obtenidos ante la variación de tiempo de agitación

Parámetro	Unidad	Tiempos		
		3 min	4 min	6 min
T°	°C	25,9	25,5	25,5
pH	pH	4,9	4,9	4,8
Turbidez	UNT	0,8	0,52	2,01
STD	ppm	22,01	33,24	31,5
Color	UPC	0	5	5
Hierro	mg/L	0,03	0,05	0,06
Manganeso	mg/L	0,04	0,045	0,05

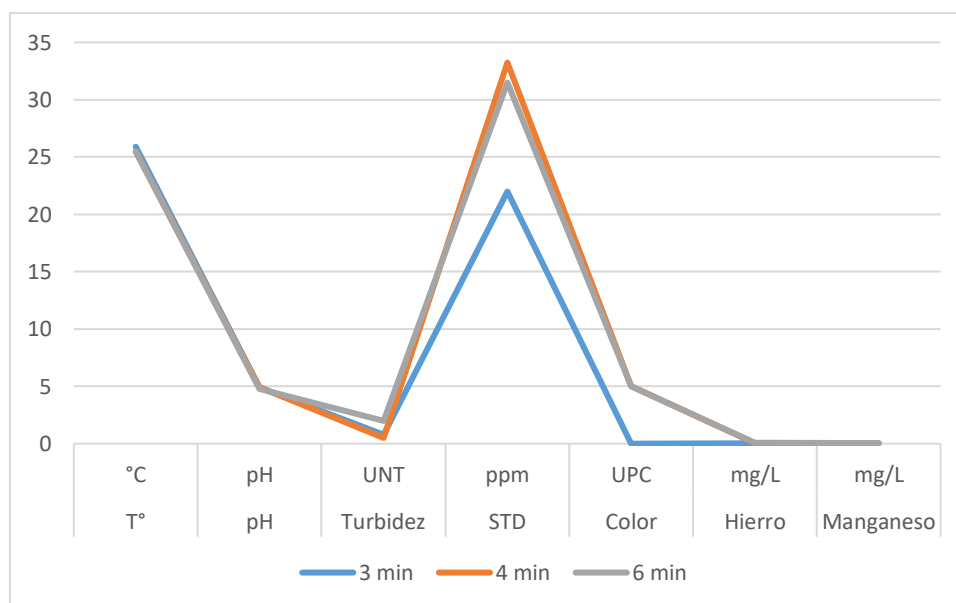


Figura 7. Resultados obtenidos ante la variación de tiempo de agitación

Interpretación:

El gráfico muestra que los mayores índices de remoción del hierro son a un tiempo de agitación de 3 minutos, mientras que a más minutos los demás parámetros se muestran más elevados que en relación al de 3 min.

La presente tabla muestra los resultados obtenidos al utilizar un volumen de 80 mL con una dosis de 2g de carbón activado, a una velocidad de agitación de 200 rpm y con la variación de tiempos, en donde el tiempo óptimo al cual se obtienen los mejores resultados en remoción de hierro es de 3 min, pero que sin embargo a 4 y 6 minutos también se obtienen resultados que están dentro del rango de aceptación establecidos por los LMP.

- 3.3.3. Determinación de la acción del carbón activado en la remoción de metales pesado como el hierro y manganeso al utilizar 02 gramos y variando los demás parámetros.

Tabla 18.

Remoción del hierro y el manganeso variando pesos

Peso	gr.	1	1.5	2
Manganeso	mg/L	0,07	0,068	0,06
Hierro	mg/L	0,05	0,04	0,04

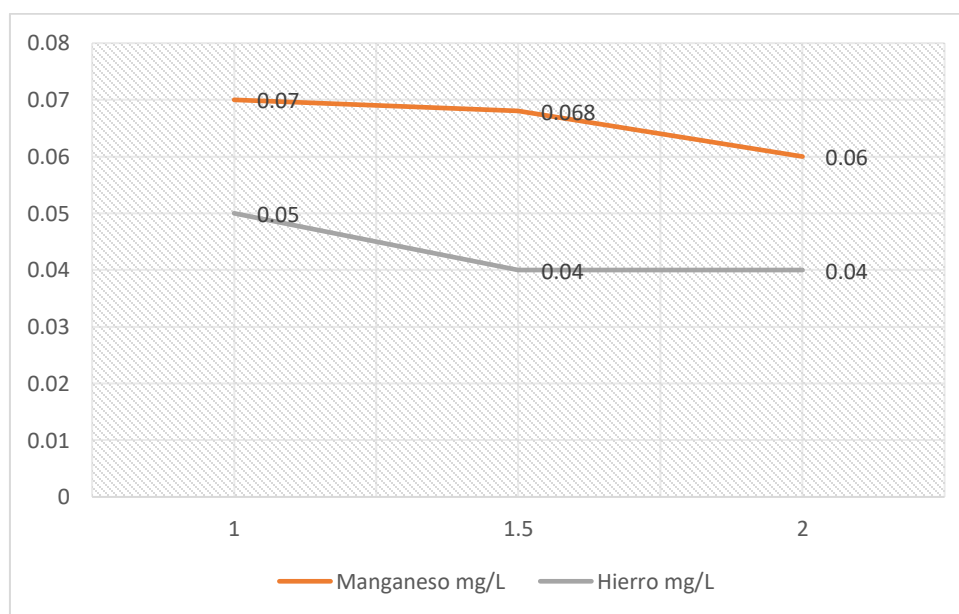


Figura 8. Remoción del hierro y el manganeso variando pesos

Interpretación:

Al evaluar encontramos que la acción del carbón activado, variando los pesos que se utilizaron en 20 mL de agua de la muestra, este ha removido con mucho más efectividad el hierro con el valor más bajo de 0,04 mg/L encontrándose cerca de lo aceptable según los LMP así mismo se demuestra que el manganeso también ha bajado pero no como para encontrarse dentro de los LMP, y por cómo se observan en los gráficos estos parámetros bajan su concentración mientras mayor sea la cantidad de carbón utilizado, manteniéndose más estable en los últimos pesos utilizados; determinando que el peso óptimo a utilizar de 2 gr.

Tabla 19.

Remoción del hierro y el manganeso variando velocidades

Velocidad rpm.	100	200	300
Manganeso mg/L	0,063	0,055	0,047
Hierro mg/L	0,06	0,05	0,06

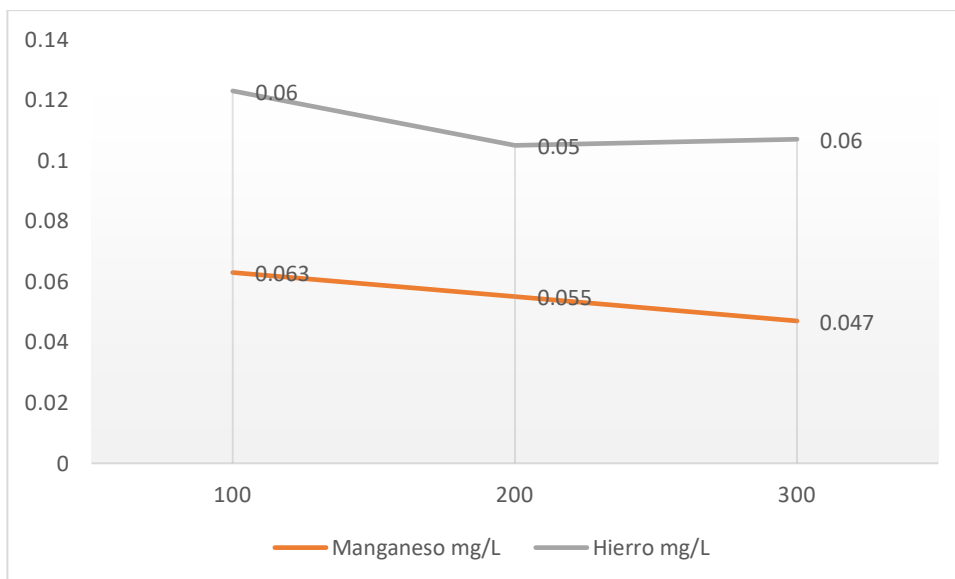


Figura 9. Remoción del hierro y el manganeso variando velocidades

Interpretación:

Encontramos que la acción del carbón activado, variando las velocidades entre 100, 200 y 300 rpm, para los ensayos, este ha removido con mucho más efectividad el manganeso con el valor más bajo de 0,047 mg/L encontrándose cerca de lo aceptable según los LMP así mismo se demuestra que el hierro también ha bajado pero no como para encontrarse dentro de los LMP, y por cómo se observan en los gráficos estos parámetros varían su concentración independientemente de la velocidad del carbón utilizado, encontrándose el óptimo a utilizar de 200 rpm.

Tabla 20.

Remoción del hierro y el manganeso variando el volumen

Volumen	mL	40	80	160
Manganeso	mg/L	0,06	0,05	0,06
Hierro	mg/L	0,05	0,05	0,06

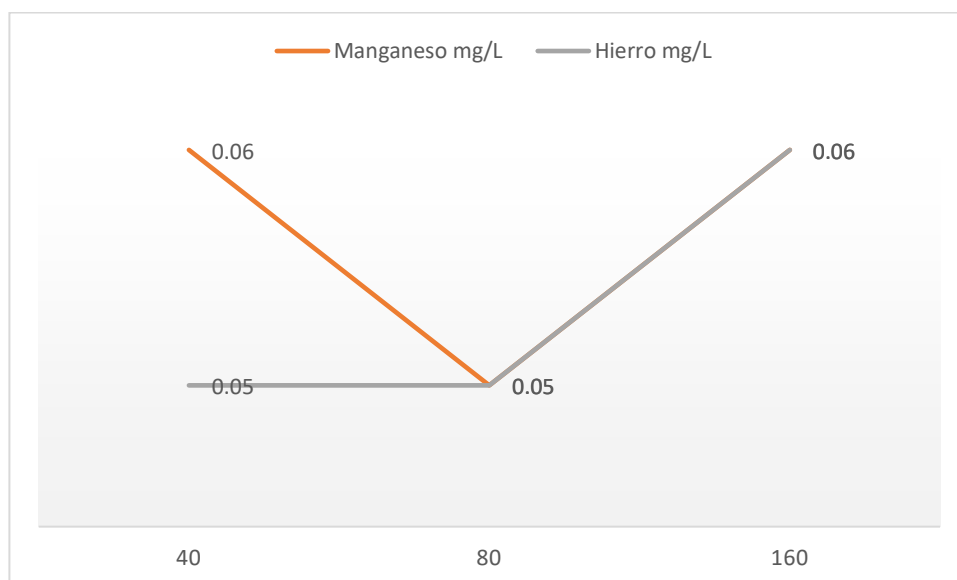


Figura 10. Remoción del hierro y el manganeso variando el volumen

Interpretación:

Al realizar la variación del volumen de la muestra se ha podido observar que en mayores cantidades de volumen la efectividad del carbón activado baja su acción en la remoción de los metales pesados (hierro y manganeso), teniendo mayor relevancia en el hierro que en el manganeso, el cual ha subido mientras aumentaba el volumen, se ha tomado como volumen óptimo a los 80 mL.

Tabla 21.

Remoción del hierro y el manganeso variando el tiempo

Tiempo	min.	3	4	6
Manganeso	mg/L	0,04	0,045	0,05
Hierro	mg/L	0,03	0,05	0,06

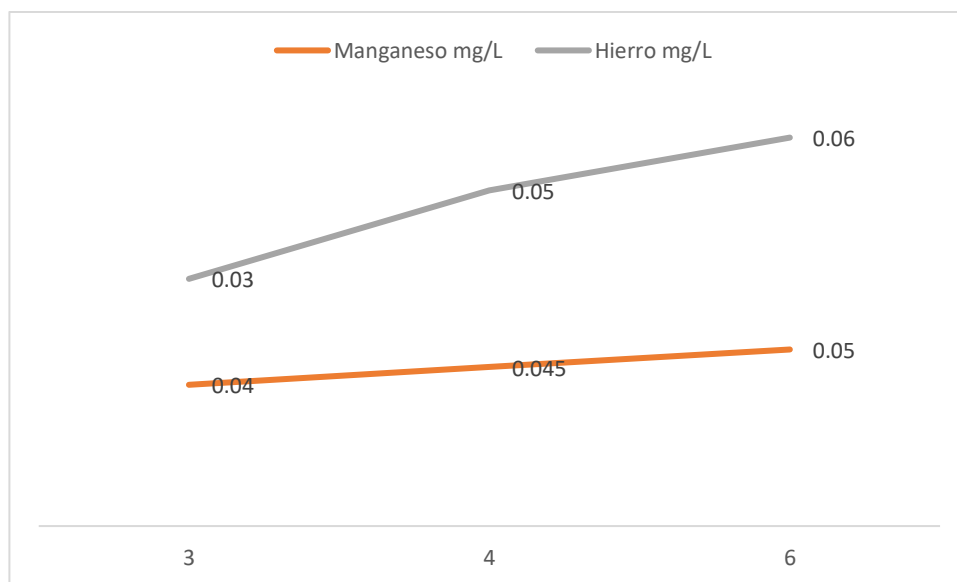


Figura 11. Remoción del hierro y el manganeso variando el tiempo

Interpretación:

Al realizar la variación en cuanto al tiempo requerido para la acción del carbón en el ensayo de la muestra, se ha podido observar que en mayores cantidades en mayores tiempos, la efectividad del carbón activado baja su acción en la

remoción de los metales pesados (hierro y manganeso), tomándose en cuenta que si este requiere de tiempo no tendría que ser prolongado pues pierde su eficiencia y como se observan los gráficos estos suben; es óptimo determinar que el tiempo para nuestros ensayos es de tres minutos.

CONCLUSIONES

Se determinó los valores de los parámetros iniciales del agua obtenida del acuífero que abastece de agua para consumo humano de la ciudad de Yantaló, que fueron: temperatura de 25,2 °C, pH de 5,4, turbidez de 20,01 UNT, la cantidad de sólidos totales disueltos fueron de 100 ppm, color de 213 UPC, y se obtuvo tanto para el hierro como para el manganeso 1,29 y 1,46 mg/L respectivamente.

Durante el proceso de obtención del carbón activado y su posterior aplicación, se pudo determinar que un factor importante, para que el mencionado producto, logre el efecto deseado es el lavado con abundante agua destilada, para quitar la impregnación de ácido.

Se pudo determinar que la dosis óptima para la remoción de hierro y manganeso resulta al aplicar 2 g de carbón activado en 80 mL de agua a tratar, a una velocidad de agitación de 200 rpm y un tiempo de 3 minutos.

RECOMENDACIONES

A las autoridades locales tanto del municipio del distrito de Yantaló, así como a la municipalidad provincial de Moyobamba, a realizar proyectos de inversión para la mejorar de la calidad de agua que consume la población local del distrito de Yantaló.

A quienes utilicen ácidos en el proceso de obtención de carbón activado, lavar repetidas veces al producto para que no quede impregnado ningún resto que afecte negativamente la calidad del agua a tratar.

A los estudiantes y docentes de la UNSM-T a seguir investigando en métodos alternativos para el tratamiento de agua para consumo humano, para mejorar la calidad de vida del poblador sanmartinense.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguapedia.net (2016). Manual del Carbón activado. Máster en Ingeniería del Agua. E.U. Politécnica. U. Sevilla. España.
- Ambientum (2003). Carbón activo en el tratamiento de aguas. Ambiente. Pág. 1-2.
- Aylas, Obregón, Paredes, Pinedo, Sun (2014). Adsorción de Metales Pesados empleando Carbones Activados preparados a partir de semillas de Aguaje. Rev Soc Quím. Perú.
- Bastidas (2009). “Producción de Carbón Activado a partir de Precursores Carbonosos del departamento del Cesar, Colombia”. Colombia.
- Bendezú, Lavado, Sun (2010). Adsorción de Plomo de efluentes industriales usando Carbones Activados con H₃PO₄. Rev Soc Quím. Perú.
- ChiemiVall (2015). Introducción al Carbón Activado (CA). Recuperado de: <https://www.carbonactivo.com/introduccion.html>
- Cruz, Gómez, Navarro, Rimaycuna, Riitta (2016). Adsorción de azul de metileno en medio acuoso empleando carbones activados y Carbones Activados modificados con Nanopartículas de ZnO. Rev Soc Quím. Perú.
- Farland y Dozier (2004). Depósitos de Hierro y Manganese. Sistema Universitario Texas A&M. Estados Unidos.
- Gómez, Klose y Rincón (2010) Carbón activado de cuesco de palma: Estudio termogravimetría y de estructura. Universidad de Kassel, Alemania.
- INFOAGRO (2012) El cultivo del café (1ª parte). Recuperado desde <http://www.infoagro.com/herbaceos/industriales/cafe.htm>.
- Instituto de Recursos de Agua de Texas (2011). Problemas del agua potable: El hierro y el manganeso. <https://texaswater.tamu.edu/resources/factsheets/l5451sironandman>.
- Leyva (2007). “Importancia y aplicaciones de la adsorción en fase líquida, en sólidos porosos preparación, caracterización y aplicaciones”. Pág. 155-207. Bogotá, Colombia.

- Martínez (2012) Desarrollo de carbones activados a partir de residuos lignocelulósicos para la adsorción y recuperación de tolueno y n-hexano. (Tesis posgrado) Universidad San Jorge, Zaragoza, España.
- Martínez (2012) Preparación y caracterización de carbón activo a partir de lignina para su aplicación en procesos de descontaminación de agua. (Tesis posgrado) Universidad Autónoma de Madrid, España.
- McFarland & Dozier (2004). “Problemas del agua potable: el hierro y el manganeso”. Pág.3. Texas. EEUU.
- Menéndez (2008). Residuos de biomasa para la producción de carbones activos y otros materiales de interés tecnológico. Instituto Nacional del Carbón. Pág. 1-48. Oviedo.
- Paredes (2011). Estudio de la adsorción de Compuestos Aromáticos, mediante Carbón Activado preparado a partir de la Cascara de Castaña. Universidad Católica Del Perú. Lima.
- Piris (1996). Hierro y manganeso en aguas superficiales y subterránea de la provincia de Misiones .Pág. 2-3. Misiones, Argentina.
- Politécnica (2010). “Manual del carbón activo”. Obtenido de: <http://www.aguapedia.net>.
- Red Iberoamericana de Potabilización y Depuración del Agua, (CYTED). (2010). Agua potable para Comunidades Rurales, Reúso y tratamientos Avanzados de Aguas Residuales Domésticas. Venezuela.
- Rodríguez (2005). Carbón activado: estructura, preparación y aplicaciones”, Revista Uniandes, pág. 66–6. Granada.
- Suarez (2012) Aprovechamiento de los residuos sólidos provenientes del beneficio del café, en el municipio de Betania Antioquia: usos y aplicaciones (Tesis postgrado) Corporación Universitaria Lasallista, Caldas Antioquia, Colombia.
- Terrones Y.R., (2013). Determinación de la eficiencia del carbón activado obtenido experimentalmente a partir de residuos agrícolas del Alto Mayo. Universidad Nacional de San Martín. Perú.
- Universidad de Sevilla (2007) Manual del carbón activo. Recuperado desde <http://www.elaguapotable.com/Manual%20del%20carb%C3%B3n%20activo.pdf>

Valencia (2011) Química del hierro y Manganese en el Agua, métodos de Remoción.
Monografía Previa a la Obtención del Título de Ingeniero Civil. Ecuador: Universidad
de Cuenca.

ANEXOS

Anexo 1: Panel fotográfico

FOTOGRAFÍA 1.



TANQUE DE AGUA PROVENIENTE DE ACUIFERO; YANTALO JULIO 2017

FOTOGRAFÍA 2.



TUBERIA DONDE SE EXTRAER AGUA DEL ACUIFERO; YANTALO JULIO 2017

FOTOGRAFÍA 3.



TUBERIA DONDE SE EXTRAHE AGUA DEL ACUIFERO; YANTALO JULIO 2017

FOTOGRAFÍA 4



Equipo Investigador en Yantaló, Moyobamba. Julio 2017

FOTOGRAFÍA 5



Elaboración del carbón activado en el laboratorio

FOTOGRAFÍA 6



Procedimiento anaerobio del carbón

FOTOGRAFÍA 7



Carbón activado sometido a altas temperaturas

FOTOGRAFÍA 8



Trituración del carbón

FOTOGRAFÍA 9



Calcinación a 600 °C del carbón

FOTOGRAFÍA 10



Carbón sometido a diversas velocidades para la adsorción