

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERIA

**ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE
INGENIERIA AMBIENTAL**



TESIS

**Grado de eficacia del carbón activado de la cáscara de coco, en la
absorción del hierro y plomo del agua de consumos de los
estudiantes de la I.E. San Andrés de Paragsha - Simón Bolívar 2018**

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Ambiental

Autor : Bach. Edyc Jhames YACHAS TENA

Asesor : Mg. Anderson MARCELO MANRIQUE

Cerro De Pasco – Perú - 2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERIA

**ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE
INGENIERIA AMBIENTAL**



TESIS

**Grado de eficacia del carbón activado de la cáscara de coco, en la
absorción del hierro y plomo del agua de consumos de los
estudiantes de la I.E. San Andrés de Paragsha - Simón Bolívar 2018**

Sustentada y aprobada ante los miembros de jurados:

Mg. Julio Antonio ASTO LIÑAN
PRESIDENTE

Mg. Eusebio ROQUE HUAMAN
MIEMBRO

Mg. David Johnny CUYUBAMBA ZEVALLOS
MIEMBRO

DEDICATORIA

A Dios por ser parte esencial en nuestras vidas.

A mi hijo Adiel, por ser la razón de que me levante cada día a esforzarme por el presente y el mañana.

A mi esposa, por la ayuda que me brinda en los buenos y malos momentos.

A mis padres y hermanos, me han formado para saber cómo luchar y salir victorioso ante las diversas adversidades de la vida. Muchos años después, sus enseñanzas no cesan, y aquí estoy, con un nuevo logro exitosamente conseguido, mi proyecto de tesis.

Quiero agradecerles por todo, no me alcanzan las palabras para expresar el orgullo y lo bien que me siento por tener una familia tan asombrosa.

RECONOCIMIENTO

Quiero expresar mi gratitud a Dios, quien con su bendición llena siempre mi vida y a toda mi familia por estar siempre presentes.

Mi profundo agradecimiento a todas las autoridades y personal que hacen la unidad educativa exitosa, por confiar en mí, abrirme las puertas y permitirme realizar todo el proceso investigativo dentro de su establecimiento educativo.

De igual manera mis agradecimientos a la UNDAC, a toda la Facultad de Ingeniería, a mis profesores en general quienes con la enseñanza de sus valiosos conocimientos hicieron que pueda crecer día a día como profesional, gracias a cada una de ustedes por su paciencia, dedicación, apoyo incondicional y amistad.

Finalmente quiero expresar mi más grande y sincero agradecimiento a mi asesor, principal colaborador durante todo este proceso, quien con su dirección, conocimiento, enseñanza y colaboración permitió el desarrollo de este trabajo

RESUMEN

El estudio tiene como finalidad de presentar alternativas eficaces y de buen alcance a la población en estudio en cuanto a purificar y absorber el hierro y plomo del agua que consumen y que están poniendo en riesgo su salud, y esta es la aplicación del carbón activado de la cáscara de coco.

La elaboración y aplicación del carbón activado a partir de la cáscara de coco, en base a los estudios previos realizados con esta materia prima ha resultado eficaz y muy beneficioso. Para esta investigación se ha elegido trabajar en aplicar en el agua de consumo de los estudiantes de la I.E. San Andrés de Paragsha – Simón Bolívar, para purificar y absorber plomo y hierro y que sirva de base para poder implementarlo en toda la comunidad de Paragsha, en la ciudad de Cerro de Pasco y otras comunidades del Perú.

Es así que el estudio plantea como objetivo principal de Identificar y determinar el grado de eficacia del carbón activado de la cáscara de coco, en la absorción del hierro y plomo del agua de consumo de los estudiantes de la I.E. San Andrés de Paragsha – Simón Bolívar. Teniendo como problema a investigar de **¿Cuál es el grado de eficacia del carbón activado de la cáscara de coco, en la absorción del hierro y plomo del agua de consumo de los estudiantes de la I.E. San Andrés**

de Paragsha – Simón Bolívar?; el estudio tiene un alcance investigativo de gran importancia para la zona de estudio, porque busca alternativas ecológicas y económicas en la purificación del agua de consumo y absorción de plomo y hierro y como este favorecerá en la economía de los pobladores de la zona y reducirá el riesgo de producir enfermedades a causa del consumo del agua con la presencia de concentraciones de plomo y hierro.

El método de Investigación que utilizó fue un estudio cuasi - experimental porque manipuló una variable (VI), para observar su efecto y su relación con la otra variable (VD). (Hernández, 2012).

Para la recolección de los datos se utilizaron las siguientes técnicas: Observación, captación de la muestra, aplicación del carbón activado de coco en el agua de consumo de la población en estudio y finalmente los resultados del monitoreo de agua inicial y final en diferentes tiempos (60 y 90 minutos).

En conclusión los resultados demuestran que la hipótesis planteada se acepta ya que la aplicación del carbón activado de la cáscara de coco, tiene un alto grado de eficacia en la purificación y absorción del hierro y plomo del agua de consumo de los estudiantes de la I.E. San Andrés de Paragsha, el cual se debería implementar a largo plazo.

Así mismo los resultados de este estudio son preliminares, pero sugieren que la viabilidad técnica y económica del potencial del carbón activado de coco como alternativa de purificación y absorción de plomo y hierro, llevando los valores iniciales a una óptima calidad y purificación del agua quedando apto y seguro para el consumo humano.

Palabras claves: Carbón activado de la cáscara de coco, Aplicación de carbón activado de coco en agua de consumo de los estudiantes de la I.E. San Andrés de Paragsha –Simón Bolívar, purificación de agua y absorción de hierro y plomo.

ABSTRACT

The purpose of the study is to present effective alternatives to the population under study in terms of purifying and absorbing iron and lead from the water they consume and which are putting their health at risk, and this is the application of activated carbon from the coconut shell.

The preparation and application of activated charcoal from coconut husk, based on previous studies with this raw material has proved effective and very beneficial. For this research it has been chosen to work on applying in the drinking water of the students of the I.E. San Andrés de Paragsha - Simón Bolívar, to purify and absorb lead and iron and to serve as the basis to implement it in the entire community of Paragsha, in the city of Pasco and other communities of Peru.

Thus, the study raises the main objective of Identifying and determining the degree of effectiveness of activated carbon from coconut husk, in the absorption of iron and lead from drinking water of students of the I.E. San Andrés de Paragsha - Simón Bolívar. Having as a problem to investigate what is the degree of effectiveness of the activated carbon of the coconut shell, in the absorption of iron and lead from the drinking water of the students of the I.E. San Andrés de Paragsha - Simón Bolívar ?; the study has a research scope of great importance for the study area, because

it seeks ecological and economic alternatives in the purification of drinking water and absorption of lead and iron and how this will favor the economy of the inhabitants of the area and reduce the risk of producing diseases due to the consumption of water with the presence of lead and iron concentrations.

The research method he used was a quasi - experimental study because he manipulated a variable (VI), to observe its effect and its relationship with the other variable (VD). (Hernández, 2012). The following techniques were used to collect the data: Observation, sample capture, application of coconut activated carbon in the drinking water of the population under study and finally the results of the initial and final water monitoring at different times (60 and 90 minutes).

In conclusion, the results show that the proposed hypothesis is accepted since the application of activated carbon from coconut husk has a high degree of efficiency in the purification and absorption of iron and lead from the drinking water of the students of the I.E. San Andrés de Paragsha, which should be implemented in the long term.

Likewise, the results of this study are preliminary, but suggest that the technical and economic feasibility of the potential of coconut activated carbon as an alternative for purification and absorption of lead and iron, bringing the initial values to an optimum quality and purification of the water being fit and safe for human consumption.

Keywords: Coconut shell activated carbon, Coconut activated carbon application in drinking water of students of the I.E. San Andrés de Paragsha - Simón Bolívar, purification of water and absorption of iron and lead.

INTRODUCCIÓN

El agua es imprescindible para la vida. La necesitan tantos animales y plantas así como el hombre en la agricultura, la ganadería, la industria o la generación de energía. En el hombre constituye el 70% del cuerpo y la utiliza todos los días para satisfacer necesidades fundamentales. A pesar de que se puede vivir con sólo 5 litros o menos de agua al día, generalmente necesitamos mucha más agua para conservarnos saludables; unos 50 litros o más para satisfacer las necesidades personales y del hogar. Pero en los países desarrollados se gasta mucho más, un promedio de 400 a 500 litros por persona diariamente, cantidades que no siempre son un lujo, sin embargo resulta costoso. Las aguas dulces que podemos aprovechar son superficiales, como los ríos, arroyos y lagos; o subterráneas.

El carbón activado es un material poroso carbonáceo con una gran área superficial, es capaz de adsorber una gran diversidad de sustancias tanto gaseosas como líquidas, y es conocido desde principios del siglo pasado, por sus propiedades absorbentes. En la actualidad es ampliamente utilizado para remover el color, olor, sabor y un sin número de impurezas orgánicas durante el tratamiento de agua para el uso doméstico e industrial.

El constante deterioro de las fuentes hídricas y su uso como recurso en el abastecimiento de agua para consumo humano han conllevado a la búsqueda de la optimización de los procesos de tratamiento de forma tal que se alcancen condiciones de agua segura con el menor riesgo posible de afectaciones a la salud de la población.

Es por esto que los sistemas de abastecimiento de agua potable han adoptado estrategias enmarcadas dentro de los planes de seguridad del agua mediante la reducción de la contaminación en la fuente de abastecimiento, la remoción o reducción de diferentes contaminantes mediante los procesos de tratamiento y la prevención de la contaminación del agua en el sistema de almacenamiento y distribución al usuario final.

Según las pruebas realizadas se demuestra mediante la presente la gran eficacia del procedimiento y recomiendo el aplicar el carbón activado de coco en la purificación del agua de consumo y en la absorción de hierro y plomo, como una alternativa accesible y lista a implementar según los requerimientos.

La presente investigación está compuesto por cuatro capítulos; **Capítulo I:** Planteamiento del Problema de estudio; se plantea el problema, los objetivos y la justificación; **Capítulo II:** Marco teórico, donde encontramos trabajos realizados anteriormente en estudios similares, una definición de términos ambientales y bases teóricas científicas, hipótesis y

definición de términos; **Capítulo III:** Métodos y Materiales de Investigación;
Capítulo IV: Presentación de Resultados y Discusión.

Finalmente, las conclusiones obtenidas y las recomendaciones establecidas servirán para mejorar el nivel de vida de la población en estudio y la continuidad de la investigación ayudará entre otros aspectos en la calidad de vida y un desarrollo sostenible de los recursos naturales.

INDICE

DEDICATORIA.....	III
RECONOCIMIENTO.....	IV
RESUMEN.....	V
ABSTRACT.....	VIII
INTRODUCCION	XI
INDICE.....	XIV

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Identificación y Determinación del Problema.....	18
1.2. Delimitación de la Investigación:.....	22
1.3. Formulación del Problema	22
1.3.1. Problema Principal	22
1.3.2. Problemas específicos	22
1.4. Formulación de Objetivos	23
1.4.1. Objetivo general	23
1.4.2. Objetivos específicos	23
1.5. Justificación de la investigación	24
1.6. Limitaciones de la Investigación	27

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de estudio.....	28
2.2. Bases Teóricas – Científicos	46
2.3. Definición de términos.....	68
2.4. Formulación de Hipótesis	72

2.4.1. Hipótesis General.....	72
2.4.2. Hipótesis específicas.....	73
2.5. Identificación de Variables.....	73

CAPITULO III

METODOLOGIA Y TECNICA DE INVESTIGACION

3.1. Tipo de investigación.....	74
3.2. Método de Investigación	74
3.3. Diseño de investigación	74
3.4. Población y Muestra	76
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	77
3.6. Técnicas de procesamientos y análisis de datos	78
3.7. Orientación ética.....	80

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Descripción de trabajo en campo.....	81
4.3. Prueba de Hipótesis.....	89
4.4. Discusión de Resultados.....	90

CONCLUSIONES.....	95
-------------------	----

RECOMENDACIONES.....	98
----------------------	----

BIBLIOGRAFIA.....	100
-------------------	-----

ANEXOS.....	
-------------	--

Lista de Tablas

Tabla 1: Punto de monitoreo para aplicación de carbón activado en el agua de consumo de los estudiantes de la I.E. San Andrés de Paragsha – Simón Bolívar

Tabla 2: ECA: Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de Agua Potable

Lista de Cuadros

Cuadro 1: Resultado de la muestra inicial del agua del consumo en la I.E. San Andrés de Paragsha

Cuadro 2: Resultado de la muestra final del agua del consumo en la I.E. San Andrés de Paragsha a los 60 y 90 minutos

Lista de Anexos

Anexo 1: Mapa de Pasco

Anexo 2: Mapa de ubicación del distrito de simón bolívar – Pasco

Anexo 3: Ubicación satelital del punto de muestreo de agua de consumo del mercado sr. De exaltación de Paragsha

Anexo 4: Panel fotográfico

Anexo 5: Matriz de consistencia

Lista de Fotos

Foto 1: Pileta donde se retiró una muestra de agua perteneciente al colegio San Andrés de Paragsha

Foto 2: Procedimiento de saca de muestra de agua y rotulación perteneciente al colegio San Andrés de Paragsha

Foto 3: Proceso de manejo de las muestras de agua perteneciente al colegio San Andrés de Paragsha para luego ser llevadas al laboratorio para su respectivo análisis

Foto 4: Pesado de carbón activado de la cáscara de coco para aplicar en el agua de estudio

Foto 5: 250ml de muestra de agua de consumo

Foto 6: Aplicación de carbón activado de coco en 2 tiempos (10 gr de carbón activado de coco en 250ml de agua de consumo)

Foto 7: Aplicación del carbón activado de cáscara de coco en la muestra de agua a los tiempos designados 60 y 90 minutos, para luego ser analizados

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Identificación y Determinación del Problema.

Los metales pesados son un grupo de elementos químicos que presentan una densidad alta. Son en general tóxicos para los seres humanos y entre los más susceptibles de presentarse en el agua destacamos mercurio, níquel, cobre, plomo y cromo.

El incremento de concentración en las aguas de estos compuestos se debe principalmente a contaminación puntual de origen industrial o minero. Los lixiviados de vertederos o vertidos de aguas residuales pueden ser asimismo una fuente de contaminación. Hay que señalar también que en algunos casos existen aguas que sufren un proceso de enriquecimiento natural en metales pesados al atravesar acuíferos formados por rocas que los contienen en su composición.

El Perú posee el 5% del agua del mundo, pero por nuestros hábitos de convivencia social utilizamos este recurso de manera inadecuada. Según el informe de la Autoridad Nacional del Agua (ANA) la distribución del líquido elemento no es equitativo, en la sierra y la costa, porque disponen de menos de 2% del recurso.

El crecimiento poblacional y la falta de planificación urbana agravan el problema de la falta de agua segura para consumo de los pobladores de Cerro de Pasco, hay carencia de una infraestructura con redes renovadas, especialmente las de distribución y secundarias. La ubicación de las poblaciones en pueblos jóvenes y urbanizaciones sin una adecuada planificación ni ordenamiento del territorio, impide una adecuada dotación del agua a ello se suma la falta de un catastro actualizado de las redes de abastecimiento.

La contaminación se puede evidenciar al pasar de los días en la ciudad de Cerro de Pasco y como este es el caso del centro poblado de Paragsha, producto de las actividades mineras que se llevan a cabo en la zona, que con solo observar se puede ver la gran magnitud de contaminantes presentes en el suelo, aire y agua que conllevan al mal estado de salud de esta población, y que las empresas mineras están haciendo muy poco o casi nada por remediarlas o prevenirlas.

Cuando las familias Paragshinas y en este caso cuando los cafetines presentes en la I.E. San Andrés de Paragsha captan el agua directo

de sus piletas para realizar la preparación de alimentos y poderlos ofrecer a los estudiantes de esta institución educativa, se puede observar una coloración anaranjada del agua que es por la presencia de hierro, también presenta turbiedad lo cual nos demuestra que esta población no está consumiendo agua potable o segura, a esto se suma la presencia del metal plomo presente en el aire y agua de Paragsha que está ocasionando desde hace mucho tiempo problemas graves de salud a la población de esta zona.

Así mismo hay lagunas de aguas envenenadas con residuos del procesamiento de los minerales y montañas de desechos mineros con restos de metales pesados muy cerca de la ciudad, que ocasiona que sus habitantes se quejan de que sus calles y caminos sin asfaltar están impregnados de partículas provenientes de las minas que se levantan con el paso de los vehículos. Estas van a parar a los pulmones, al agua, a los pastos y a sus alimentos para ir corroyendo la salud de los que allí respiran, poco a poco.

Esta herencia envenenada de la actividad minera de Cerro de Pasco se ha agravado desde que a mediados del siglo pasado se pasó de la explotación en socavón a la de tajo abierto.

Un tajo que, con unos dos kilómetros de largo y hasta 400 metros de profundidad, ha engullido barrios enteros y ha partido en dos la ciudad, una parte de la cual se asoma a un abismo que amenaza con seguir avanzando.

Es así que el presente estudio pretende aplicar tecnologías prácticas y de muy bajo costo para poder purificar el agua que consumen los pobladores de Paragsha y absorber los metales pesados como el hierro y plomo con la finalidad de mejorar la calidad del agua y de esta manera mejorar el nivel de salud de estos. Esto mediante la aplicación del método en el agua de consumo dentro de la I.E. San Andrés de Paragsha, ubicado en el centro poblado de Paragsha.

Durante siglos se ha sabido que el agua guardada en barriles quemados conservaba por más tiempo su buen sabor, pero no fue sino hasta el siglo que se desarrolló el verdadero carbón activado para utilizarse en máscaras antiguas en la Primera Guerra Mundial y para decoloración del azúcar. Ambas aplicaciones continúan en la actualidad. En los años 60, varias plantas de tratamiento de aguas empezaron a utilizar carbón activado en polvo (PAC*) o carbón activado granular (GAC*) para el tratamiento del sabor y del olor.

Hoy día está muy extendido su empleo, tanto para eliminar contaminante del agua como del aire; en el agua se emplea cada vez más para eliminar compuestos orgánicos que comunican color, olor y sabor desagradables.

Las propiedades de adsorción del carbón se deben a su elevada porosidad, que le proporciona una gran superficie.

1.2. Delimitación de la Investigación:

1.2.1. Delimitación Espacial

El presente trabajo de investigación se ha realizado en la Institución Educativa San Andrés del Centro Poblado de Paragsha, Distrito Simón Bolívar, Pasco.

1.2.2. Delimitación Temporal

La presente tesis tendrá una duración de 01 año; Mayo 2018 – Mayo 2019.

1.3. Formulación del Problema

1.3.1. Problema Principal

¿Cuál es el grado de eficacia del carbón activado de la cáscara de coco, en la absorción del hierro y plomo del agua de consumo de los estudiantes de la I.E. San Andrés de Paragsha – Simón Bolívar?

1.3.2. Problemas específicos

- ¿Cómo aplicar el carbón activado de cáscara de coco en el agua de consumo de los estudiantes de la I.E. San Andrés de Paragsha?
- ¿Cómo lograr la absorción del hierro y plomo del agua de consumo de los estudiantes de la I.E. San Andrés de Paragsha?
- ¿El carbón activado de la cáscara de coco será un método alternativo para lograr absorber el hierro y plomo del agua de la zona de estudio?

- ¿Será el carbón activado de la cáscara coco un purificador del agua para el consumo humano?

1.4. Formulación de Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Identificar y determinar el grado de eficacia del carbón activado de la cáscara de coco, en la absorción del hierro y plomo del agua de consumo de los estudiantes de la I.E. San Andrés de Paragsha – Simón Bolívar.

1.4.2. Objetivos específicos

- Aplicar el carbón activado de cáscara de coco en el agua de consumo de los estudiantes de la I.E. San Andrés de Paragsha – Simón Bolívar.
- Lograr la absorción del hierro y plomo del agua de consumo de los estudiantes de la I.E. San Andrés de Paragsha, a través de la aplicación del carbón activado de la cáscara de coco.
- Establecer que el carbón activado de la cáscara de coco es un método alternativo para absorber hierro y plomo del agua de la zona de estudio.
- Reconocer la utilidad del carbón activado de la cáscara de coco como purificador del agua para el consumo humano.

1.5. Justificación de la investigación

El Carbón Activado es una sustancia porosa con propiedades de fuerte adsorción, tiene el más alto “volumen de porosidad de adsorción” que cualquier material conocido que pueda actuar como absorbente y purificador.

Los filtros de Carbón Activado son ampliamente aplicados en los procesos industriales y usos comerciales, como el método más eficiente de remover olores, cloro, componentes orgánicos volátiles, colores, sabores y otros contaminantes de los fluidos.

Cada metal y cada elemento químico contaminante tienen un mecanismo de acción y un lugar de acumulación preferido.

El más conocido es el plomo que afecta varios sistemas, por ejemplo en el sistema nervioso llega a dañar a las neuronas especialmente las del cerebro.

El plomo afecta también a la médula ósea y otro lugar donde es frecuente encontrarlo es el riñón, específicamente en sistema tubular de las nefronas, Otro metal pesado es el cadmio que también afecta al riñón y otro que no es exactamente un metal pero es un contaminante es el arsénico que tienen efecto directo en las mitocondrias. Los daños en si son muy diversos dependiendo de cada metal, pero en general se puede decir que hay lesión celular.

La intoxicación por plomo puede simular otras enfermedades, como por ejemplo la esclerosis, que es una enfermedad incurable muy complicada en cuanto a sus síntomas, y la intoxicación por plomo puede simular y afectar al sistema nervioso con la misma sintomatología, como parestesias, paresias, fatiga, etc., y puede producir en general una disfunción, luego algo importante del plomo es que se lo ha relacionado últimamente con la generación de conductas antisociales, y también hay una relación con retardo mental y pérdida de habilidades cognitivas.

En cuanto al riñón, los metales pesados a la larga van a producir daño renal que puede llegar hasta una insuficiencia renal.

Es por ello que todo ser humano, sin distinción de raza, religión, sexo, edad, condición social o económica, tiene derecho a poder vivir en un ambiente saludable, lo que solo es posible si la calidad de los principales recursos naturales como el agua, el aire y el suelo se encuentran libres de todo agente contaminador; sin que la actividad cotidiana de la población y las actividades económicas pongan en riesgo los recursos naturales vitales para la subsistencia humana.

Las poblaciones ubicadas en el distrito de Simón Bolívar, provincia de Pasco; ven pasar a empresas mineras, que sin miramiento alguno destruyen y contaminan sus terrenos pastizales, sus puquios, riachuelos y lagunas; destruyen lenta y dolorosamente su existencia así como su identidad e historia; los destructores y asesinos:

desmontes, relaves, agua ácida, polvos tóxicos y la mentalidad usurera de sus propietarios, pues bajo estas circunstancias viven las poblaciones Champamarquinas, Paragshinas, Quiulacochanas y Bolivarianas en general.

Es así que la mayor parte de las poblaciones rurales del Perú no tiene una buena prestación de los servicios de abastecimiento de agua, con criterios de calidad, eficiencia económica y ambiental, lo cual produce un impacto en la salud que no cuenta con un sistema de potabilización de este recurso, lo que implica que la consuman directamente como les llega a sus hogares, he aquí la importancia implementación de tecnologías a bajo costo para la purificación del agua e inhibición de metales pesados u organismos contaminantes.

Es por ello que resulta necesaria una propuesta tecnológica de bajo costo y muy viable para purificar el agua a nivel domiciliario en este sector rural por la presencia de afecciones relacionadas directamente al consumo de agua no segura y poder lograr absorber metales pesados presentes como es el caso del hierro y plomo.

La implementación de este proyecto que es la aplicación del carbón activado de la cáscara de coco, en la absorción del hierro y plomo del agua de consumo de los estudiantes de la I.E. San Andrés de Paragsha, que tiene características muy apreciables como su fácil utilización, su bajo costo de implementación y que se realizará en el cafetín de la I.E. donde se preparan alimentos con uso del agua y que

son consumidos por una parte de los pobladores de Paragsha, que son los estudiantes y son un tipo de población vulnerable y propensos a sufrir daños a la salud.

1.6 Limitaciones de la Investigación

- Financiamiento para la elaboración del presente estudio.
- Apoyo de personal capacitado.
- Información de la data en cuanto a su operatividad de la investigación.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de estudio.

Glibota, Gustavo, Santiago A. 2005, “Absorción de arsénico en filtros de carbón activado comerciales (análisis y comparación de resultados)” Universidad Nacional del Nordeste, comunicaciones científicas y tecnológicas.

Conclusiones

Se nota una eficiencia en la adsorción cuando se disminuye el tamaño de la partícula de carbón en el lecho filtrante, (esto es el micronaje de la unidad filtrante).

Se puede decir que prácticamente el tamaño de poro o superficie específica del carbón tiene poca influencia si no se considera el proceso de coagulación realizado por el hierro adsorbiendo el arsénico.

La eficiencia de adsorción se elevó cuando la solubilidad del contaminante disminuyó, esto se ve claramente cuando se produjo la oxidación del arsénico previa a la filtración. El floculo es retenido en el filtro.

La posibilidad de juntar esto dos procesos para favorecer la remediación del arsénico en uno solo (en el cual el arsénico en forma de ión es absorbido en el interior del carbón activado atraído por fuerzas quelantes de un óxido metálico incluido en el interior de los poros por impregnación)

El proceso de interacción óxido de hierro - arsénico se realizaría en el interior de la matriz.

La posibilidad de impregnar el carbón activado con óxido de hierro, posibilitaría la realización de los dos procesos físicos al mismo tiempo adsorción y filtración, con la consiguiente simplificación de equipos.

Lograr esta doble acción consistiría en la sencilla solución de colocar el medio adsorbente (carbón activado impregnado en óxido de hierro) en recipientes y usarlo hasta agotar la capacidad del mismo. Este método requiere poca atención y el residuo es un sólido, fácil de manipular.

Esto posibilitaría la utilización en el punto de uso del proceso, por la simplificación de las operaciones.

Blas Corso, Hilda Yohana, 2016 “Aplicación del carbón activado de la cáscara de coco para adsorber hierro y manganeso en las aguas del río San Luís- Prov. Carlos Fermín Fitzcarrald – Ancash 2016”. Universidad Cesar Vallejo.

Conclusiones:

La presente investigación evaluó la eficiencia del uso del carbón activado de la cáscara de coco para adsorber hierro y manganeso en las aguas del río San Luis – Prov. de Carlos Fermín Fitzcarrald departamento de Ancash; cuyos niveles de concentración de metales (Fe y Mn) en las aguas de este río estaban por encima de los límites máximos permisibles (0.3 mg/L Fe y 0.4 mg/L Mn) establecidos por DIGESA para agua de consumo humano emitido en el D.S. N°031 - 2010-S.A. Según los reportes de análisis se obtuvo una concentración inicial de 1.800 mg/L de Fe y de 1.55 mg/L de Mn. Para el desarrollo de este trabajo de investigación se implementó filtros múltiples a base de gravas, carbón activado de la cáscara de coco y arena para remover estos metales del agua (Fe y Mn) mediante la adsorción.

El método aplicado para este tratamiento fue de aireación + filtración. Se analizaron las muestras de agua con dos tiempos, es decir con un tiempo de retención de 60 minutos y 90 minutos para ambos casos con carbón activado de la cáscara de coco granular y carbón activado en polvo.

Obteniendo así buenos resultados con el carbón activado de la cáscara de coco en polvo con un tiempo de retención de 90 minutos logrando una eficiencia del 92.45 % de adsorción de Mn y un 87,67 % de adsorción de Fe. Finalmente, los resultados obtenidos después del tratamiento demuestran que el uso del carbón activado de la cáscara de coco en el sistema de filtro es eficiente para adsorber metales (Fe y Mn) en el agua.

Arturo González H., Alejandra Martín D., Rosario Figueroa
“Tecnologías de tratamiento y desinfección de agua para uso y consumo humano” Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

Resumen: Se realizó estudio de sobre tecnologías de tratamiento y desinfección de agua para consumo humano para comunidades rurales de la frontera norte dentro del programa “Agua Limpia en casa en municipios fronterizos” y financiado por la Fundación México Estados Unidos para la Ciencia, A. C.

El estudio incluye un diagnóstico de las comunidades rurales fronterizas y la elaboración de un compendio de propuestas tecnologías. En este trabajo sólo se presenta una parte de ese compendio. Se exploró en centros de documentación nacionales e internacionales como el Centro de Consulta del Agua (IMTA, México), Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias el Ambiente

(CEPIS, Perú) e International Water and Sanitation Centre (IRC, Holanda), entre otros, identificando tecnologías adecuadas para pequeñas comunidades; después se propuso una tipificaron las fuentes de agua, algoritmos y esquemas de tratamiento base para selección de la tecnología.

Conclusiones:

La selección de los procesos de tratamiento para atender las exigencias de carácter microbiológico y fisicoquímico sólo pueden efectuare después de un estudio cuidadoso y detallado de la fuente y la cuenca hidrográfica, que incluya la caracterización del agua e identificación de fuentes potenciales de contaminación.

Las tecnologías de tratamiento para localidades rurales del país deben tener requerimientos técnicos (mano de obra, instalaciones, insumos energéticos, reactivos químicos, operación y mantenimiento) y económicos (costos de inversión, operación y mantenimiento) acordes a la capacidad de la comunidad y al nivel de apoyo de instituciones regionales responsables del agua y la salud. Además, se debe involucrar a la comunidad en la planeación, selección, diseño, construcción, administración, operación y mantenimiento de los sistemas de tratamiento para que éstos sean apropiados y sustentables.

En general, los hipocloritos de sodio o calcio son los desinfectantes más económicos y de uso frecuente en localidades rurales. El cloro es un bactericida y virucida eficaz en la mayoría de las situaciones y proporciona un residual que puede medirse fácilmente. La desventaja principal, es el rechazo de los consumidores por el sabor que deja en el agua sobre todo cuando en el agua hay presencia de sustancias orgánicas. La desinfección por radiación solar en botella de plástico es un proceso de fácil aplicación a escala doméstica y que asegura la calidad bacteriológica del agua de consumo, además, ha sido bien aceptada en los lugares donde se ha probado.

Valquiria Campos, 2003 “Estudio de un método alternativo para la purificación de arsénico del agua”. Departamento de Geología Ambiental. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. Rua Kyoto, 98-Jardim Japão, São Paulo, Brasil.

Resumen:

En áreas agrícolas, el uso indiscriminado de agroquímicos, compromete la calidad ambiental.

El uso continuo de fertilizantes sintéticos y pesticidas eleva la concentración de las sustancias tóxicas del suelo, con la consecuente contaminación de los acuíferos. Fue cuantificada la presencia de arsénico en aguas en una zona rural de São Paulo.

La lana de acero fue eficiente en la remoción de arsenito y arsenato del agua. La recuperación ocurre en ppm durante los primeros minutos de contacto. La principal ventaja del proceso, se debe al bajo precio y la aplicación domiciliar. La capacidad de la adsorción es debido a los procesos electroquímicos arsénico, hierro.

Conclusión:

La lana de acero fue probada como filtro de purificación de agua debido a su bajo valor y la facilidad de adquisición en establecimientos comerciales. El uso de hierro en forma de lana de acero probó ser un método eficiente para la retención de arsénico, además de ser de fácil aplicación en los filtros caseros. El arsénico es retenido en la lana de acero a través de adsorción, y la magnitud de este proceso depende de varios factores, dentro de los cuales se incluye el Eh-pH de la solución en equilibrio y la cantidad de elemento en la solución. La lana de acero tiene capacidad de adsorción mayor que otros productos, por ejemplo, zinc y aluminio, por lo que presenta un potencial de remediación de compuestos inorgánicos de agua. El cálculo de la energía libre de Gibbs indica las posibilidades de transformaciones dentro del sistema arsénico-lana de acero. Las reacciones de óxido reducción ocurren simultáneamente en el proceso de adsorción del arsénico en la superficie.

Cuando la lana de acero fue sometida al tratamiento químico con la concentración mínima de arsénico, en la forma de H_2AsO_4^- y H_3AsO_3 , se observó el fenómeno de adsorción. En disoluciones con alta concentración de arsénico, ocurrieron reacciones de disolución del material de partida y precipitación del material amorfo. En solución saturada en condiciones fuertemente oxidantes, el arsénico fue co-precipitado como As (V).

Es importante resaltar la alta capacidad de adsorción de la lana de acero para este elemento contaminante. Los mecanismos de reacción dependen de la concentración, Eh y pH de las soluciones. La adsorción del arsenito fue ligeramente más eficiente.

Diana Fernanda Navarrete Aguirre, Nadia Rosaura Quijano Arteaga, Cristian Douglas Vélez Sancán, 2014 "Elaboración de carbón activado a partir de materiales no convencionales, para ser usado como medio filtrante" Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil – Ecuador.

Resumen: El carbón activado es un poderoso absorbente creado a base de materiales carbonosos, muy utilizado en el sector industrial en la recuperación de solventes, control de olores, descontaminación de aguas, decoloración de licores, jugos, vinagres, respiradores de cartucho, purificación de aire, etc.

La filtración es un proceso físico unitario destinado a la remoción de partículas del agua, y como tal es parte integral del proceso de potabilización por membranas, correspondiendo a la ultrafiltración (mesoporos: 0.005-0.2 μ m) y nanofiltración (microporos: 0.001-0.1 μ m). Por tanto dicho estudio es necesario para la formación y conocimiento de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Civil.

El presente proyecto de graduación engloba la elaboración de Carbón Activado a partir de tres materiales precursores no convencionales: cascarilla de arroz, pepa de zapote y cáscara de plátano. Su preparación, activación y carbonización, así como los correspondientes ensayos del carbón fueron realizadas en los laboratorios de mecánica de suelos y de ensayos de materiales de la facultad de ciencia de la tierra y de Mecánica respectivamente.

El dispositivo, empleado para medir las propiedades adsorbentes y la eficacia de los tres tipos de carbón activado desarrollados, se encuentra instalado actualmente en el Laboratorio de Mecánica de suelos de la carrera de Ingeniería Civil de la ESPOL.

Debido a que estos medios filtrantes son experimentales y su creación es con fines pedagógicos, se escogió ponerlos a prueba con aguas contaminadas naturalmente del río Tenguel y del río Daule.

El carbón de la pepa de zapote fue la que mejor resultado tuvo de los tres carbonos elaborados, teniendo en su segundo lugar a la cascarilla de arroz que por no remover los coliformes totales no se la pudo considerar como la más óptima.

Conclusiones:

1. Se comprobó, por medio de los ensayos en el agua tratada, que los carbonos activados obtenidos de los materiales no convencionales utilizados alcanzaron un porcentaje de purificación eficaz en comparación con el carbón activado convencional, lo que comprueba la hipótesis de este estudio.
2. Se demostró que los materiales elegidos para el desarrollo de este proyecto fueron idóneos para el estudio y elaboración de carbón activo, estos fueron escogidos por ser desechos abundantes en la flora de nuestro país y por su disponibilidad en nuestra zona geográfica.
3. Se pudo concluir que el método de activación química fue un proceso viable para la obtención de un carbón activado con grado de eficiencia aceptable según los parámetros comparados, sin embargo al usar como agente activador el ácido fosfórico y no haberlo removido en su totalidad influyo en el pH presente en el producto final.
4. Al evaluar las características físicas y químicas de los tres tipos de carbón se puede concluir que: la cascarilla del arroz tiene un mayor rendimiento, con un porcentaje del 84% de la materia prima inicial; el

contenido de humedad, la densidad aparente y el tamaño efectivo son parámetros en común de los tres carbonos obtenidos, los cuales cumplen con los rangos normados para un carbón activo granular.

5. Los resultados de los análisis de turbidez, DBO5, nitrógeno total kjedahl, dureza total, metal pesado: arsénico y cobre del producto obtenido después del filtrado en los tres tipos de carbón activado cumplen con los límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional.

6. Se puede concluir que la adsorción del carbón proveniente de la cascarilla del arroz y la pepa de zapote en comparación con el carbón comercial (NORIT GAC 830) fueron las más eficientes. Se usó la Isoterma de Langmuir para tal comparación.

7. Se obtuvo como resultado que en los tres carbonos fue efectiva la adsorción de los metales pesados arsénico y cobre.

8. Se concluye que los coliformes totales fueron removidos eficazmente, con el carbón proveniente de la cáscara de plátano y el de la pepa de zapote mientras que la dureza total fue removida en mayor medida por la cascarilla de arroz.

9. Se puede concluir de todos los parámetros analizados el carbón proveniente de la pepa de zapote obtuvo la mayor cantidad de resultados satisfactorios para ser utilizado como medio filtrante en el proceso de interés.

10. Se concluye que la cascarilla de arroz no pudo ser considerada la mejor entre los tres carbonos elaborados por motivo que no cumplió con la remoción adecuada de los coliformes totales en comparación con el carbón de la pepa del zapote, debido a la limitación económica para generar otro estudio no se pudo comprobar si la cascarilla del arroz tenía coliformes al momento de su recolección.

José Edward Arana Correa, 2016 “Evaluación de la aplicación de carbón activado granular en la filtración del agua clarificada del Río Cauca” Universidad del Valle, facultad de ingeniería, Escuela de ingeniería de los recursos naturales y del ambiente - Santiago de Cali.

Conclusiones:

- El proceso de clarificación de agua desarrollado en la PTAP Puerto Mallarino genera un efluente con un rango estable de turbiedad, que no se ve afectado en mayor medida por la variación de las condiciones iniciales en el agua cruda.
- Los filtros de CAG evaluados lograron eficiencias de remoción de turbiedad de hasta un 80% y registros de hasta 0,1 UNT en algunos casos; lo cual permitiría disminuir posiblemente de manera indirecta el riesgo microbiológico por la presencia de quistes de parásitos como *Cryptosporidium* y *Giardia*.

- La configuración C5 conformada por 90% CAG y 10% de arena no presentó diferencias significativas con la configuración de antracita y arena en el parámetro de turbiedad; aunque C5 obtuvo una clara ventaja en cuanto al número de datos obtenidos menores a 0,3 UNT, lo que permite acercarse al valor crítico recomendado por la EPA (0,15 UNT) alcanzando turbiedades mínimas del orden de 0,1 UNT.

- El trabajo de grado permitió corroborar algunas ventajas del carbón activado granular sobre medios convencionales como la antracita. Esto se refleja en la eficiencia de remoción de materia orgánica medida por UV254 de los filtros de CAG, comparado con el filtro de antracita y arena, a pesar de que las eficiencias de remoción no fueron tan altas para el CAG.

Aunque no se presentaron diferencias significativas entre las configuraciones de CAG, la configuración que tuvo el mejor desempeño en la remoción de materia orgánica fue la configuración C4 al obtener la menor mediana de los datos.

- La utilización de filtros de CAG con agua clarificada de turbiedad mayor a 1 UNT incide de forma directa en la capacidad de adsorción del medio filtrante.

La alta eficiencia de remoción de turbiedad posiblemente afectó la capacidad de adsorción de materia orgánica medida por UV254 en el caso de las configuraciones de CAG.

Esto se debe a la retención de partículas de turbiedad en el medio lo cual limita la capacidad del filtro para adsorber la materia orgánica. - La excesiva presencia o ausencia de CAG influye de manera considerable en la efectividad de remoción de partículas.

Esto ha sido documentado por varios investigadores; pues el carbón activado granular empleado como un medio para filtración en reemplazo total o parcial de medios convencionales no funciona de manera correcta si no está acompañado de un medio base ya que algunas partículas pueden penetrar el medio y formar parte del efluente.

- La obtención de valores de pH en un rango entre 7 y 7,5 podría favorecer la disminución en la cantidad de modificadores de pH empleados en el proceso de estabilización.
- La conductividad presentó un comportamiento similar para todas las configuraciones mostrando un alto contenido de sólidos disueltos en la fase de arranque de los filtros que poco a poco fue disminuyendo hasta alcanzar un valor inferior al inicial.

Esto es debido posiblemente al material contenido en el medio que no fue removido durante el acondicionamiento del CAG y la antracita.

Candelaria Tejada Tovar, Ángel Villabona Ortiz y Luz Garcés Jaraba, 2015 “Adsorción de metales pesados en aguas residuales usando materiales de origen biológico”, Tecno Lógicas.

Resumen:

La bioadsorción es un proceso que permite la captación activa o pasiva de iones metálicos, debido a la propiedad que diversas biomasas vivas o muertas poseen para enlazar y acumular este tipo de contaminantes por diferentes mecanismos.

La aplicación de materiales de bajo costo obtenidos a partir de diferentes biomasas provenientes de la flora microbiana, algas y residuos agroindustriales ha sido investigada para reemplazar el uso de métodos convencionales en la remoción de contaminantes, tales como los metales pesados.

Entre los metales de mayor impacto al ambiente por su alta toxicidad y difícil eliminación se encuentran el cromo, níquel, cadmio, plomo y mercurio.

En el presente trabajo se estudian las generalidades de la adsorción como proceso alternativo para la remoción de contaminantes en solución y las biomasas comúnmente usadas en estos procesos, además de algunas de las modificaciones realizadas para la mejora de la eficiencia de adsorción de las mismas.

Se concluye que el uso de la adsorción en la remoción de contaminantes en solución acuosa mediante el uso de biomasa residual es aplicable a estos procesos de descontaminación evitando problemas subsecuentes como la generación de lodos químicos, y generando un uso alternativo a materiales considerados como desechos. Se identifica además que factores como el pH de la solución, tamaño de partícula, temperatura y la concentración del metal influye en el proceso.

Conclusiones:

Los principales metales que se encuentran en los efluentes industriales son: cadmio, zinc, cromo, níquel, mercurio y plomo. Estos iones metálicos son considerados potenciales devastadores de los ecosistemas y la salud humana, he ahí la necesidad de disminuir su concentración en los cuerpos de agua, suelo y aire.

La bioadsorción es una de las alternativas de tratamiento de aguas residual más eficientes, debido a los bajos costos de implementación y mantenimiento en relación a los tratamientos tradicionales de recuperación de metales pesados en efluentes acuosos.

En cuanto a los mecanismos para la captación de los iones metálicos, son muy variados y dependen, en cada caso, del metal de interés y del tipo de material biosorbente a evaluar. Los biosorbentes pueden ser materiales provenientes de la flora microbiana, algas, plantas, biomasas residuales y productos agroindustriales.

El proceso de bioadsorción realizado con biomاسas vivas puede presentar una variedad más amplia de mecanismos de acumulación de metales, sin embargo, los biosorbentes pueden verse afectados por las altas concentraciones de dichos contaminantes, interrumpiendo el proceso de adsorción por la muerte de la biomasa. Por consiguiente, el uso de biomasa no viva, se ha convertido en el principal tema de investigación para los científicos, siendo estas de fácil acceso, bajo costo y con gran capacidad de adsorción. Además, sus propiedades físicas y químicas pueden ser modificadas, incrementando los sitios activos de sorción.

MSc. Enma M. Manals Cutiño, MSc. Frank Vendrell Calzadilla, Dra. Margarita Penedo Medina, 2015 “Aplicación de carbón activado de cascarón de coco en adsorción de especies metálicas contenidas en el licor de desecho (WL) de la lixiviación ácida de mineral laterítico”, Facultad de Ingeniería Química, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba.

Resumen:

El presente trabajo estudia la capacidad del carbón activado de cascarón de coco para adsorber iones metálicos presentes en el residual de desecho de lixiviación ácida de mineral laterítico.

Los experimentos se realizaron a escala de laboratorio en reactores batch con agitación magnética, a las condiciones siguientes: velocidad de agitación de 200 rpm, temperatura 21°C, tiempo de contacto 20, 40 y 60 min.

Como resultado se alcanzaron porcentajes de adsorción de níquel de hasta 39,5 % y capacidad de adsorción de Ni (II) de 1,125 mg/g de carbón activado granular (CAG).

La adsorción de Co (II) fue de hasta 48,9 % y la capacidad de adsorción del carbón de 0,24 mg/g de CAG. En los experimentos desarrollados variando la dosis de adsorbente entre 20 y 200 g de CAG/L de licor, para analizar la influencia de la masa de adsorbente en la capacidad, porcentaje de adsorción y modificación del pH del licor, se obtuvo como aspecto más significativo la reducción de la alta acidez del licor desde 1,23 hasta valores que oscilaron entre 7,22 y 7,35.

Conclusiones:

Los resultados experimentales obtenidos en este trabajo permitieron evaluar la capacidad de adsorción y el porcentaje de adsorción del carbón activado cuando se aplica como adsorbente para tratar el licor de desecho WL del proceso de lixiviación ácida de lateritas.

En los experimentos de adsorción tipo batch se obtuvo una capacidad de adsorción para el Ni de 1,25 mg/g de carbón y para el Co de 0,24

mg/g de carbón. La capacidad de adsorción se mantuvo prácticamente constante, independiente del tiempo, en un intervalo de 20 a 60 min.

El elemento metálico que más se adsorbió fue el cobalto, alrededor de 49 %; mientras que el níquel se adsorbió entre un 24 y un 40 %. El carbón activado de conchas de coco mostró efectividad como adsorbente de níquel y cobalto presentes en soluciones de sulfatos, siendo un resultado significativo la reducción drástica de la acidez del residual lográndose valores de pH final entre 7,22 y 7,35 para dosis de CAG entre 20 y 200 g/L de solución.

2.2. Bases Teóricas – Científicos

2.2.1. Carbón activado

Carbón activado o carbón activo es un término genérico que describe una familia de adsorbentes carbonáceos altamente cristalinos y con una porosidad interna altamente desarrollada.

Existe una amplia variedad de productos de carbón activado que muestran diferentes características, dependiendo del material de partida y la técnica de activación usada en su producción.

Es un material que se caracteriza por poseer una cantidad muy grande de microporos (poros menores a 2 nanómetros de radio). A causa de su alta microporosidad, el carbón puede poseer una superficie de 50 m²/g o más si es activo, llegando a valores de más de 2500 m²/g.

El carbón activado se utiliza en la extracción de metales (v. gr. oro), la purificación de agua potable (tanto para la potabilización a nivel público como doméstico), en Medicina Veterinaria y Medicina Humana para casos de intoxicación, en el tratamiento de aguas residuales, clarificación de jarabe de azúcar, purificación de glicerina, en máscaras antigás, en filtros de purificación y en controladores de emisiones de automóviles, entre otros muchos usos.

2.2.2. ¿Qué es carbón activado?

El carbón activado o carbón activo es carbón poroso que atrapa compuestos, principalmente orgánicos, presentes en un gas o en un líquido. Lo hace con tal efectividad, que es el purificante más utilizado por el ser humano.

Los compuestos orgánicos se derivan del metabolismo de los seres vivos, y su estructura básica consiste en cadenas de átomos de carbono e hidrógeno. Entre ellos se encuentran todos los derivados del mundo vegetal y animal, incluyendo el petróleo y los compuestos que se obtienen de él.

A la propiedad que tiene un sólido de adherir a sus paredes una molécula que fluye, se le llama “adsorción”. Al sólido se le llama “adsorbente” y a la molécula, “adsorbato”.

2.2.3. ¿Qué le da al carbón activado la propiedad de adsorber, principalmente moléculas orgánicas?

Cualquier partícula de carbón tiene la capacidad de adsorber. Es por ello que algunas personas colocan carbón de leña en el refrigerador para eliminar los olores. Lo mismo sucede si se coloca carbón en un recipiente con agua: elimina color, sabor y olor. O bien, en el campo, las personas queman tortilla y la ingieren para aliviarse de problemas digestivos (como infecciones ligeras, indigestión o flatulencia).

Activar un carbón consiste en hacerlo poroso para ampliar su capacidad de adsorción. Un gramo de carbón de leña tiene un área superficial de alrededor de 50 m². Con la activación, ésta llega a 600 u 800 m². Es decir, aumenta entre 12 y 16 veces.

Los átomos de carbono que forman un sólido al que llamamos “carbón”, se ligan entre sí mediante uniones de tipo covalente. Cada átomo comparte un electrón con otros cuatro átomos de carbono (hay que recordar que en las uniones iónicas, el átomo más electronegativo le roba uno o más electrones al otro).

Los átomos que no están en la superficie, distribuyen sus cuatro uniones en todas las direcciones. Pero los átomos superficiales, aunque están ligados con otros cuatro, se ven obligados a hacerlo en menor espacio, y queda en ellos un desequilibrio de fuerzas.

Ese desequilibrio es el que los lleva a atrapar una molécula del fluido que rodea al carbón. La fuerza con la que el átomo superficial de carbono atrapa a la otra, se llama "Fuerza de London", que es uno de los siete tipos de "fuerzas de Van der Waals". Se considera una unión fisicoquímica, suficientemente fuerte para retener al adsorbato, pero no tan fuerte como para considerarla una unión química irreversible que forma una nueva estructura molecular. Por ello, la adsorción es reversible y el carbón activado puede reactivarse para utilizarse de nuevo.

Como dijimos, las moléculas que adsorbe el carbón tienden a ser covalentes; no iónicas, pues estas últimas tratarían de robar o de donar electrones a los átomos de carbono. Las uniones entre átomos de carbono e hidrógeno son covalentes, y es por ello que el carbón es un buen adsorbente de moléculas orgánicas.

No todas las moléculas orgánicas tienden a ser covalentes. Suelen contener átomos de oxígeno, azufre y otros de alta electronegatividad, que dan tendencia iónica a la parte de la molécula que los contiene. Por otro lado, no todas las moléculas inorgánicas tienden a ser iónicas; también las hay de tendencia covalente. Tal es el caso del dicianuro de oro, que hace del carbón activado una parte esencial del proceso de extracción de este metal precioso.

2.2.4. Características del carbón activado

El carbón activado puede tener un área superficial mayor de 500 m²/g, siendo fácilmente alcanzables valores de 1000 m²/g. Algunos carbones activados pueden alcanzar valores superiores a los 2500 m²/g. A modo de comparación, una cancha de tenis tiene cerca de 260 m².



Figura n° 1: Carbón activado de cáscara de coco

Bajo un microscopio electrónico, la estructura del carbón activado se muestra con una gran cantidad de recovecos y de grietas. A niveles más bajos se encuentran zonas donde hay pequeñas superficies planas tipo grafito, separadas solamente por algunos nanómetros, formando microporos.

Estos microporos proporcionan las condiciones para que tenga lugar el proceso de adsorción. La evaluación de la adsorción se hace generalmente mediante nitrógeno gaseoso a 77 K en condiciones de alto vacío.

El carbón activo saturado se puede regenerar mediante la aplicación de calor. Los aerogeles de carbón, que son más costosos, tienen superficies efectivas muy altas y encuentran uso similar al carbón activado en aplicaciones especiales.

Sus principales características son:

a. Área superficial

Es la extensión de la superficie de los poros desarrollada dentro de la matriz del carbón activado. Se mide usando nitrógeno (N_2). Es el indicador primario del nivel de actividad, asumiendo que a mayor área superficial, mayor número de puntos de adsorción disponibles

b. Radios porales

La determinación de la distribución de los tamaños de los poros es una forma extremadamente útil de conocer el comportamiento del material. La IUPAC define la distribución de radios porales de la siguiente forma:

- Microporos $r < 2$ nm
- Mesoporos $r \approx 2-50$ nm
- Macroporos $r > 50$ nm

Los macroporos son la vía de entrada al carbón activado, los mesoporos realizan el transporte, y los microporos la adsorción.

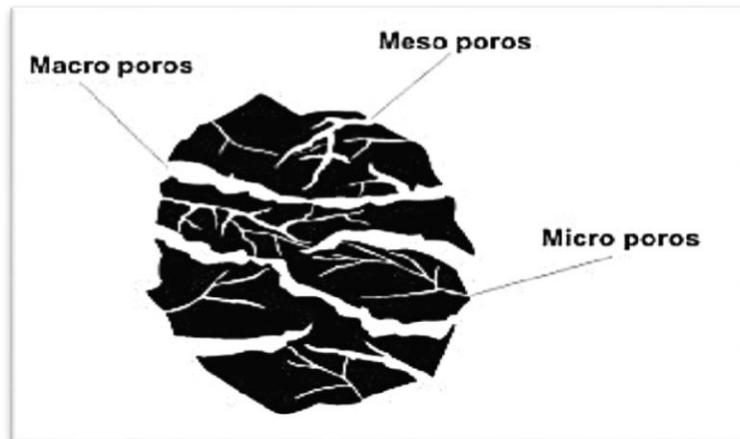


Figura n° 2: Radios porales del carbón activado

c. Número de yodo

Es una medida de la porosidad mediante absorción de yodo en solución.

d. Actividad de tetracloruro de carbono

Es una medida de la porosidad mediante absorción de vapor saturado de tetracloruro de carbono.

e. Dureza

La dureza es un factor importante en el diseño del sistema, la vida útil de los filtros y la forma de manipulación. Presenta grandes variaciones, dependiendo del material original y su nivel de actividad.

f. Densidad

La densidad bulk debe considerarse cuidadosamente cuando se deban llenar volúmenes fijos; puede tener implicaciones comerciales.

La densidad limpiado y secado siempre muestra un valor menor, debido a la película de agua entre las partículas de carbón activado.

g. Tamaño de las partículas

Cuanto más fino es el tamaño de las partículas de un determinado carbón activado, mejor es el acceso al área superficial y más rápida es la tasa de cinética de absorción. En sistemas de fase vapor, esto se debe considerar junto con la caída de presión, que afecta los costos energéticos.

Una elección cuidadosa del tamaño de las partículas puede proveer significativos beneficios operativos.

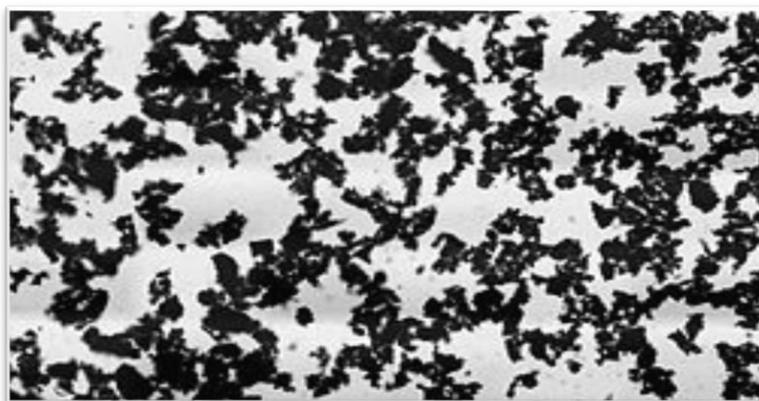


Figura n° 3: Una micrografía de carbón activado

2.2.5. Usos Ambientales del carbón activado

Las propiedades de adsorción del carbón activado son muy útiles en la eliminación de contaminantes del aire como de flujos de agua implicados en procesos industriales:

- Limpieza de vertidos
- Recuperación de aguas superficiales y subterráneas³
- Tratamiento de agua potable
- Purificación de aire
- Recogida de compuestos volátiles procedentes de procesos industriales como pintura, limpieza en seco, repostaje de combustible.
- Depuración de agua no destinada al consumo humano
- Purificación de aminoácidos
- Purificación de ingredientes y productos alimentarios
- Separación y purificación de gases como biogás, dióxido de carbono, hidrógeno, gas de síntesis.
- Protección personal y colectiva

2.2.6. Principal aplicación en tratamiento de agua

- ✓ Potabilización de agua de pozo
- ✓ Eliminación de olor, sabor y compuestos volátiles en agua superficial
- ✓ Agua residual contaminada con solventes volátiles o con otras moléculas de bajo peso molecular.

✓ Decloración

Observación:

- Es el carbón con más proporción de micro poros, por lo tanto es el más adecuado para retener moléculas pequeñas.
- Es el carbón utilizado cuando solamente se requiere declorar, ya que es el más duro y resistente a la abrasión.

2.2.7. Carbón en polvo (CAP)

Los CAP presentan tamaños menores de 100 micrómetros, siendo los tamaños típicos entre 15 y 25 micrómetros.

El carbón en polvo generalmente se utiliza en combinación con los tratamientos de clarificación. Inyectado de forma continua en el agua con reactivos de floculación, se introduce en los flóculos y seguidamente se extrae del agua con ellos. Para esta extracción, se recomienda a veces recurrir a una filtración directa, si bien es preferible utilizar un decantador de recirculación de fangos o, mejor aún, de lecho de fangos.

Con estos aparatos se aumenta notablemente el tiempo de contacto entre el agua y el carbón y, por lo tanto, se consigue una mejor aproximación al equilibrio.

Otra forma de aplicación es añadir carbón activo en polvo al efluente del tratamiento biológico.

El carbón, en este caso, es añadido al efluente en un tanque de contacto. Una vez transcurrido el tiempo deseado se deja que el

carbón sedimente en el fondo del tanque y seguidamente se extrae del mismo el agua tratada. Puesto que el carbón está pulverizado, puede necesitarse un coagulante para facilitar la eliminación de las partículas de carbón, o bien requerirse una filtración a través de filtros rápidos de arena.

Como se ha indicado, el carbón activo puede utilizarse igualmente para afino de aguas industriales de elevada pureza (tratamiento de condensados, agua de aclarado en la industria electrónica, etc.).

a. Propiedades físicas más importantes

Las propiedades físicas de un carbón activo en polvo (PAC) más importantes son la filtrabilidad y la densidad global o aparente.

La capacidad de un carbón para ser separado por filtración se controla a través de la forma de sus partículas y de la distribución de tamaños.

b. Ventajas:

- Los carbones activos en polvo son, aproximadamente, de dos a tres veces más baratos que los carbones en grano.
- Pueden dosificarse en exceso, en caso de puntas de contaminación.

- Precisan inversiones reducidas. Cuando el tratamiento consiste sólo en una etapa de floculación-decantación basta prever un simple equipo de dosificación de carbón activo.
- Su cinética de adsorción es rápida, puesto que su superficie es fácilmente accesible.
- El carbón activo favorece la decantación, al espesar el flóculo.
- La materia prima es de origen vegetal, y por lo tanto no contiene los metales pesados y demás contaminantes típicamente presentes en carbones minerales.
- Al activarse térmicamente, no se utilizan compuestos químicos que puedan dejar residuos en el carbón.
- El carbón de concha de coco tiene el diámetro de poros que adsorbe con mayor eficiencia los contaminantes orgánicos de bajo peso molecular, que suelen ser los más dañinos para el ser humano.

c. Inconvenientes:

El carbón activo no puede regenerarse cuando se recupera en mezcla con fangos de hidróxidos, por lo que debe preverse la pérdida de este material después de su utilización.

- Cuando se utiliza carbón activo sólo (en ausencia de coagulantes minerales) puede recurrirse a la técnica de regeneración en lecho fluidizado que, sin embargo, conlleva pérdidas muy elevadas.

- Es difícil eliminar las últimas trazas de impurezas, sin añadir un exceso de carbón activo.

d. Ventajas y desventajas de carbón activo en polvo y en lechos filtrantes en grano

Empleando carbón en polvo se puede escoger la calidad y tipo de éste, así como la dosis a emplear según el contaminante a eliminar, es decir su empleo ofrece gran flexibilidad y disponibilidad mientras que el empleo del carbón granular a través de filtración, requiere estructuras más complejas y de mayor costo inicial de instalación, así como la necesidad periódica de regeneración del carbón activo, una vez agotada su capacidad de adsorción. Para un empleo discontinuo, se utiliza generalmente el carbón en polvo.

Los principales inconvenientes del carbón en polvo, es que su dosis depende de la concentración de equilibrio del contaminante residual en el agua, es decir depende de la pendiente de la isoterma y del porcentaje de eliminación que se desea conseguir del contaminante. Si se quiere eliminar porcentajes entre el 80 y 98 % del contaminante inicial, es más aconsejable el empleo de carbón en grano en filtros, sin olvidar que en el caso de los filtros de carbón, la mayor eliminación, puede suponer un alargamiento del frente de adsorción dentro del lecho filtrante.

El carbón en granos en lechos filtrantes se ve más afectado por la variaciones en la concentración de los contaminantes.

En estos filtros de carbón unos contaminantes pueden fijarse en mayores cantidades que otros y por otra parte algunos contaminantes pueden desplazar a otros ya adsorbidos (desorción). En los lechos de carbón activo de los filtros puede tener lugar la proliferación de determinados microorganismos.

2.2.8. Cloración y tratamiento con Carbón Activado

Uno de los usos más extendidos del carbón activado, es para la remoción del cloro residual en las aguas potables. La posible reacción entre el carbón y el cloro es:



Además de remover el cloro residual que el agua pueda contener, el carbón también adsorbe otras impurezas del agua y le comunica mejores propiedades organolépticas al agua, por lo que su uso es muy difundido.

La razón de remover el cloro, es que este desinfectante es necesario que se encuentre presente en cantidades de 0.5 a 1.5 ppm para evitar que se desarrollen microorganismos en el agua que se empleará posteriormente. Cuando el agua se va a consumir o a emplear en una siguiente etapa, una vez cumplida su función, el cloro debe removerse, pues este desinfectante le comunica sabor al agua que puede ser desagradable para algunos consumidores, o puede interferir en el uso que posteriormente se da a al agua.

2.2.9. Carbón activado a partir de la cáscara de Coco

Una de las razones para proponer el presente trabajo de investigación es la disponibilidad de la materia prima, sobre todo en nuestra amazonia, en el Departamento de Amazonas. A partir de la cáscara de coco es posible obtener diferentes tipos de carbones activados para aplicaciones diversas variando las condiciones de preparación.

Por ejemplo, activando la cáscara de coco a alta temperatura (800 °C) en presencia de vapor de agua se puede obtener un carbón hidrofílico (afinidad con el agua), microporoso (con ultramicroporos de diámetros < 0.7 nm), apropiado para aplicaciones que involucran separación de gases; pero, si se activa a menor temperatura (450 °C) usando un agente químico, como ácido fosfórico o cloruro de zinc, se puede obtener un carbón hidrofílico de poros más anchos (Con mesoporos > 2 nm) apropiado para aplicaciones en fase líquida [Reinoso, (2005)].

Además, de obtener una amplia distribución de poros, el carbón activado obtenido de la cáscara de coco resulta con mayor dureza y resistencia, comparado con el obtenido de madera. Otra ventaja que ofrecen los carbones activados obtenidos de materiales orgánicos, en relación a los obtenidos de materiales inorgánicos, es que en los primeros, el porcentaje de cenizas es menor.

El coco como materia prima a nivel mundial muy abundante, porque el cocotero, es la más importante de todas las palmeras.

Para obtener una tonelada de carbón activado se necesitan aproximadamente 11 toneladas de cáscara de coco. [Soyentrepreneur, 1998].

2.2.10. Propuesta del proceso de obtención del Carbón Activado

El proceso consta de las siguientes etapas:

1. Recolección y transporte de la materia prima

Se extrae de la palmera cocotero las cascaras duras o endocarpio del coco, luego son transportados a la planta de procesamiento u otro lugar apropiado con el fin de obtener carbón activado.

2. Secado de la cáscara de coco

- Exponer al sol de forma manual las cascaras de coco.
- Poner las cascaras de coco en una serie de trituradoras mecánicas con la capacidad necesaria para poder moler la cáscara de coco seca de manera eficiente con la granulometría establecida para que pueda mantener la velocidad de alimentación requerida por el horno rotatorio a diseñar, para que así ocupen menos espacio en el horno; además que pueda trabajar por pausas y que no esté en operación constante.

3. Tratamiento térmico del material Carbonización y Activación

Se ponen las cascaras trituradas en el carbonizador; en su interior los fragmentos se calientan a $T=500^{\circ}\text{C}$, pero se restringen los suministros de aire para que las cascaras no se consuman en su

totalidad, en cambio la humedad y los aceites de las cascara se evaporan y lo que quede en las cascara se transforman en carbón, luego entre 4-6 horas la carbonización está completa.

4. Enfriamiento y secado de los materiales tratados.

Después de haber salido del carbonizador las cascara pasan a la cinta transportadora para enfriarse. Sin embargo este carbón obtenido aún no está activado pero si puede ser usado para parrilla.

5. Horno Rotatorio

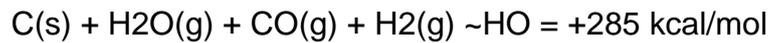
El proceso de carbonización activación, se llevará a cabo en el horno rotatorio a diseñar, el cual operará de manera continua y sólo podrá ser suspendido al realizar labores de mantenimiento general. El proceso de activación tiene como objetivo crear en la superficie del carbón muchos poros u orificios microscópicos que van a atraer a las moléculas de diferentes sustancias. En el presente proceso se usará un tipo de activación física con vapor de agua.

Se seleccionó la activación física del carbón con vapor de agua por ser un proceso más económico y menos corrosivo y se realiza a temperaturas inferiores a las aplicadas en la activación química tradicional, lo que simplifica el proceso.

Todo ello se traduce en un menor costo, así como en un menor impacto en el medio ambiental. La activación física con vapor de agua es un proceso complicado que se lleva a cabo en el presente

caso en un horno rotatorio a temperaturas elevadas (800-1 000 °C).

La activación física ocurre según la siguiente reacción endotérmica:



El proceso de enfriamiento, que se llevará a cabo al final del horno, tiene como fin reducir la temperatura del tratamiento térmico a la salida del horno, con la intención de facilitar las operaciones de manejo y embalaje del material. Los hornos rotatorios son usados desde hace 50 años en las industrias, de alimentos, de construcción, metalúrgica, etc.

2.2.11. Los efectos en la salud a causa de la exposición al plomo en el agua potable

¿Existe un nivel de plomo en el agua potable que no sea peligroso?

La Ley de Agua Potable Segura requiere que la EPA determine el nivel de contaminantes en el agua potable que no causa efectos adversos en la salud con un margen adecuado de seguridad. Estos objetivos de salud no aplicables, con base únicamente en posibles riesgos para la salud, se denominan objetivos de nivel máximo de contaminante (MCLG, por sus siglas en inglés).

La EPA determinó que el objetivo de nivel máximo de contaminante para el plomo en el agua potable es cero, ya que el plomo es un metal tóxico que puede dañar la salud humana, incluso en niveles de baja exposición. El plomo es persistente y puede bioacumularse en el cuerpo con el tiempo.

Los niños, bebés y fetos son los más vulnerables al plomo dado que los efectos físicos y de comportamiento del plomo se producen en menores niveles de exposición en los niños que en los adultos. Una dosis de plomo que produciría poco efecto en un adulto puede producir un efecto significativo en un niño.

En los niños, los bajos niveles de exposición se han relacionado con daños en el sistema nervioso central y periférico, problemas de aprendizaje, de crecimiento, discapacidad auditiva, y problemas de formación y función de los glóbulos. Los Centros para el Control y Prevención de Enfermedades (CDC) recomiendan que se inicien acciones de salud pública cuando el nivel de plomo en la sangre del niño sea de 5 microgramos por decilitro ($\mu\text{g}/\text{dl}$) o más.

Es importante reconocer todas las formas en las que un niño puede estar expuesto al plomo. Están expuestos al plomo de la pintura, el polvo, la tierra, el aire y los alimentos, así como del agua potable. Si el nivel de plomo en la sangre del niño es de o está por arriba del nivel de acción de los CDC de 5 microgramos por decilitro, puede ser consecuencia de la exposición al plomo de una combinación de

fuentes. La EPA estima que el agua potable puede representar el 20 % o más del total de la exposición al plomo de una persona.

En los bebés que consumen en su mayoría leche hecha con agua, el agua potable puede representar del 40 % al 60 % de su exposición al plomo.

✓ **Niños**

Incluso los bajos niveles de plomo en la sangre de los niños pueden causar:

- Problemas de conducta y aprendizaje
- Coeficiente intelectual (IQ) deficiente e hiperactividad
- Crecimiento tardío
- Problemas de audición
- Anemia
- Rara vez, la ingesta de plomo puede causar convulsiones, estado de coma e incluso la muerte.

✓ **Mujeres embarazadas**

El plomo puede acumularse en nuestros cuerpos con el tiempo, y almacenarse en los huesos junto con el calcio. Durante el embarazo, el plomo es expulsado de los huesos como calcio materno y suele ayudar a formar los huesos del feto. Esto sucede en especial si la mujer no cuenta con suficiente calcio en su dieta. El plomo también puede cruzar la barrera placentaria, lo que expone el feto al plomo.

Esto puede tener como consecuencia efectos graves en la madre y en el desarrollo de su feto, por ejemplo:

- Crecimiento limitado del feto
- Nacimiento prematuro

El plomo también puede transmitirse a través de la leche materna. Lea más acerca de la exposición al plomo de mujeres embarazadas y lactantes (PDF) (302 págs., 4.3 MB, Sobre PDF).

✓ **Adultos**

El plomo también es peligroso para los adultos. Los adultos expuestos al plomo pueden sufrir de:

- Efectos cardiovasculares, presión arterial elevada e incidencia de hipertensión.
- Disminución de la función renal.
- Problemas de reproducción (tanto en hombres como en mujeres).

Efectos en la salud del hierro en el agua¹⁸ de Octubre 2016 Grandes cantidades de hierro en el agua potable pueden darle un sabor metálico desagradable. El hierro es un elemento esencial en la nutrición humana, y los efectos sobre la salud del hierro en el agua potable pueden incluir evitar o disminuir la fatiga y la anemia.

2.2.12. Hierro en el agua potable

El agua pura no tiene sabor, pero el agua es un disolvente natural. La mayoría de los minerales de las aguas subterráneas, incluyendo el hierro, serán absorbidos por el agua. Grandes cantidades de

hierro en el agua potable pueden darle un sabor metálico desagradable.

El hierro es un elemento esencial en la nutrición humana, y los efectos sobre la salud, del hierro en el agua potable, pueden incluir evitar o disminuir la fatiga y la anemia.

La cosa que más notarás en el agua con alto contenido de hierro es que el agua puede tener un sabor metálico. El agua podría decolorarse y parecer de color marrón, y puede incluso contener sedimentos. El hierro dejará manchas de color rojo o naranja en el lavabo, WC y bañera o ducha. Puede acumularse en el lavavajillas y decolorar platos de cerámica.

También puede entrar en el calentador de agua y puede entrar en los equipos de lavandería y causar manchas en la ropa.

La EPA advierte que aunque el hierro en el agua potable es seguro para ingerir, los sedimentos de hierro pueden contener trazas de impurezas o albergar bacterias que pueden ser perjudiciales.

Las bacterias del hierro son organismos que pueden disolver el hierro y otros minerales de origen natural. Estas bacterias también forman un limo marrón que pueden acumularse en las tuberías de agua. Las bacterias del hierro son más comúnmente problemáticas en los pozos, donde el agua no ha sido tratada con cloro.

Efecto en la salud del exceso de hierro

Es posible que tomes demasiado hierro a través de tu dieta, pero la ingestión de un exceso de hierro a través de tu agua potable no se asocia con efectos adversos para la salud.

Sin embargo, mientras que consumir grandes cantidades de hierro de manera crónica puede llevar a una condición conocida como sobrecarga de hierro, esta condición es generalmente el resultado de una mutación genética que afecta a alrededor de un millón de personas en los Estados Unidos. Si no se trata, la sobrecarga de hierro puede conducir a la hemocromatosis, una enfermedad grave que puede dañar los órganos del cuerpo. Los primeros síntomas incluyen fatiga, pérdida de peso y dolor en las articulaciones, pero si la hemocromatosis no es tratada, puede conducir a enfermedades del corazón, problemas del hígado y la diabetes. Un análisis de sangre puede identificar la sobrecarga de hierro.

2.3. Definición de términos

- a. **Carbón activado.**- La noción de carbón activado hace referencia a un conjunto de carbones que se caracterizan por su capacidad de adsorción gracias a sus pequeños poros. En esos microporos de unos pocos nanómetros de diámetro se produce la adsorción de numerosas partículas. Es una sustancia de origen vegetal que tiene la propiedad de absorber químicos, gases, metales pesados, proteínas, desechos y toxinas, siendo un gran aliado para la desintoxicación.

b. Purificación del agua.- La purificación doméstica del agua es una buena opción para todas aquellas personas que desean incrementar la calidad del agua de distribución colectiva. Además, permite reducir la carga de agua embotellada y evitar los residuos de envases.

Cada método de purificación es adecuado en un contexto. En este sentido, los filtros de carbón activo son la opción más asequible para eliminar los problemas de mal sabor relacionados con el cloro cuando el agua no es especialmente dura y tiene un bajo contenido en sales minerales disueltas.

c. Carbón activado de la cáscara de coco.- Se hace de cáscara de coco de alta calidad seleccionado, por la activación de vapor. Este carbono con fuerte contra presión, fácil ser reactivación y con filtración rápida. Esta serie es aplicable para usarse en oro de extracción, análisis químico, portador de catalizador, purificador de agua potable y solución de refinación en la industria alimentaria.

d. Carbón activado con cáscara de coco para purificación de agua potable.- Esta serie de carbón activado granular sin forma se produce a través de la activación de vapor con cáscara de coco y huesos de fruta como materias primas y se refina a través de diferentes métodos de procesamiento.

e. Tratamiento de agua.- Es el conjunto de operaciones unitarias de tipo físico, químico, físico-químico o biológico cuya finalidad es la eliminación o reducción de la contaminación o las características no deseables de las

aguas, bien sean naturales, de abastecimiento, de proceso o residuales llamadas, en el caso de las urbanas, aguas negras.

f. Enfermedades Diarreicas.- Las enfermedades diarreicas son infecciones del tracto digestivo ocasionadas por bacterias, virus o parásitos, cuyo principal síntoma es la diarrea.

Esto es, la deposición 3 o más veces al día de heces sueltas o líquidas.

Son enfermedades muchas veces causadas por el consumo de agua y alimentos contaminados, y en muchos casos de agua no potable.

h. Saneamiento ambiental.- El concepto de saneamiento es utilizado en nuestro idioma para indicar a aquella acción que implica la realización de un conjunto de procedimientos que tienen la misión de recuperar, reparar o limpiar de suciedad o impurezas algo, como es este caso el agua.

i. Agua potable.- Es el agua que podemos consumir o beber sin que exista peligro para nuestra salud. El agua potable no debe contener sustancias o microorganismos que puedan provocar enfermedades o perjudicar nuestra salud.

j. Contaminación del agua.- La contaminación del agua es cualquier cambio químico, físico o biológico en la calidad del agua que tiene un efecto dañino en cualquier cosa viva que consuma esa agua. Cuando los seres humanos beben el agua contaminada tienen a menudo problemas de salud.

k. Calidad de agua.- La calidad del agua, es un estado de esta, caracterizado por su composición físico-química y biológica.

Este estado deberá permitir su empleo sin causar daño. Es una medida de la condición del agua en relación con los requisitos de una o más especies bióticas o a cualquier necesidad humana o propósito.

k. Filtración.- Según Di Bernardo (1993) la filtración es considerada como uno de los procesos más importantes en las barreras de tratamiento de agua potable, debido a que es el proceso final de remoción de sólidos suspendidos realizado en una planta de tratamiento de agua y por tanto, es el principal responsable de la producción de agua con calidad consistente con los patrones de potabilidad. Este proceso consiste en la separación de partículas (en suspensión o coloidales) de un líquido mediante el escurrimiento por un medio poroso.

I. Carbón activado granular.- El carbón activado es un material carbonáceo y poroso, que fue sometido a un proceso físico o químico para aumentar su porosidad interna. Una vez realizado dicho procedimiento, el carbón presenta una serie de redes de túneles que bifurcan en canales menores y así sucesivamente (Francischetti Zago, 2010)

El uso del carbón activado en el tratamiento del agua para consumo humano ha sido ampliamente investigado primordialmente con interés para la remoción de contaminantes orgánicos en el abastecimiento de agua. Este problema no es nuevo ya que las industrias han venido implementando el carbón activado en sus sistemas de tratamiento frente a agua con problemas de olor y color; principalmente carbón activado en polvo (CAP) (McCreary & Snoeyink, 1977).

I. Metales pesados en el agua.-

Los metales pesados son un grupo de elementos químicos que presentan una densidad alta. Son en general tóxicos para los seres humanos y entre los más susceptibles de presentarse en el agua destacamos mercurio, níquel, cobre, plomo y cromo.

m. Hierro en el agua.-

La cosa que más notarás en el agua con alto contenido de hierro es que el agua puede tener un sabor metálico. El agua podría decolorarse y parecer de color marrón, y puede incluso contener sedimentos.

El hierro dejará manchas de color rojo o naranja en el lavabo, WC y bañera o ducha. Puede acumularse en el lavavajillas y decolorar platos de cerámica. También puede entrar en el calentador de agua y puede entrar en los equipos de lavandería y causar manchas en la ropa. La EPA advierte que aunque el hierro en el agua potable es seguro para ingerir, los sedimentos de hierro pueden contener trazas de impurezas o albergar bacterias que pueden ser perjudiciales. Las bacterias del hierro son organismos que pueden disolver el hierro y otros minerales de origen natural. Estas bacterias también forman un limo marrón que pueden acumularse en las tuberías de agua. Las bacterias del hierro son más comúnmente problemáticas en los pozos, donde el agua no ha sido tratada con cloro.

2.4. Formulación de Hipótesis

2.4.1. Hipótesis General

El carbón activado de la cáscara de coco, tiene un alto grado de eficacia en la absorción del hierro y plomo del agua de consumo de los estudiantes de la I.E. San Andrés de Paragsha.

2.4.2. Hipótesis específicas

- La aplicación del carbón activado de cáscara de coco en el agua de consumo de los estudiantes de la I.E. San Andrés de Paragsha es eficaz si lo aplicamos adecuadamente.
- La absorción del hierro y plomo del agua de consumo de los estudiantes de la I.E. San Andrés de Paragsha, a través de la aplicación del carbón activado de la cáscara de coco tiene un 90% de efectividad.
- El carbón activado de la cáscara de coco es un método alternativo para absorber hierro y plomo del agua de la zona de estudio.
- La utilidad del carbón activado de la cáscara de coco como purificador del agua para el consumo humano se evidenció a través de los resultados de laboratorio (a los 60 y 90 minutos).

2.5. Identificación de Variables

2.5.1. Variable dependiente

Absorción del hierro y plomo del agua de consumo de los estudiantes de la I.E. San Andrés de Paragsha – Simón Bolívar.

2.5.2. Variable independiente

Grado de eficacia del carbón activado de la cáscara de coco

2.5.3. Variable Interdependiente

Método alternativo de purificación del agua que ayudaría en la solución de problemas de salud de los pobladores Paragshinos.

CAPITULO III

METODOLOGIA Y TECNICA DE INVESTIGACION

3.1. Tipo de investigación

La presente investigación es cuasi - experimental porque manipuló una variable (VI), para observar su efecto y su relación con la otra variable (VD). (Hernández, 2012)

3.2. Método de Investigación

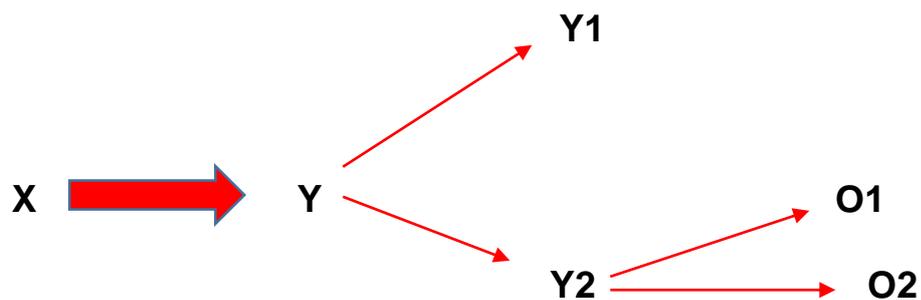
La investigación es inductiva a deductiva por que se identificara las condiciones reales de la composición física química del agua en la I.E. SAN ANDRÉS DE PARAGSHA – SIMÓN BOLIVAR.

3.3. Diseño de investigación

El estudio presenta un diseño cuasi experimental prospectivo y con Intervención por parte del investigador.

El tipo de diseño que se utilizará son los estudios antes/después: Este estudio establece una medición previa a la intervención y otra posterior. Además, se puede incluir un grupo de comparación que no reciba la intervención y que se evalúa también antes y después con el fin de medir otras variables externas que cambien el efecto esperado por razones distintas a la intervención. (Hedrick et al. (1993).

Y se pasa a realizar el siguiente diseño científico:



Donde:

X= VI (Grado de eficacia del carbón activado de la cáscara de coco)

Y1= Control inicial de la muestra antes de la aplicación del carbón activado de la cáscara de coco.

Y2= Control de muestra después de la aplicación del carbón activado de la cáscara de coco

Y= VD (Absorción del hierro y plomo del agua de consumo de los estudiantes de la I.E. San Andrés de Paragsha)

O1= Control en el laboratorio a los 60 minutos de la aplicación

O2= Control en el laboratorio a los 90 minutos de la aplicación

3.4. Población y Muestra

Población(N) El presente estudio de investigación se realizó aplicando el carbón activado de la cáscara de coco, en la absorción del hierro y plomo del agua de consumo de los estudiantes de la I.E. San Andrés de Paragsha, haciendo uso de técnicas de recolección de datos.

Se tiene como población muestral a toda el agua que consumen los estudiantes de la I.E. San Andrés de Paragsha a través del consumo de alimentos preparados en el cafetín de la institución educativa y que serán beneficiados con la investigación.

Muestra(n) Se tomará muestra puntual, de agua de consumo según la necesidad de muestra en los análisis a través de su cafetín estudiantil que es donde de muchas formas utilizan el agua para su consumo, y que fue tratado por el método de absorción de contaminantes presentes a través del carbón activado de la cáscara de coco. Los controles de laboratorio serán antes y después de la aplicación del método para identificar su grado de eficacia y las grandes ventajas que el método brindaría a esta población.

A continuación se presenta en la siguiente tabla la muestra utilizada para para la aplicación del carbón de coco activado.

Tabla 1: Punto de monitoreo para aplicación de carbón activado en el agua de consumo de los estudiantes de la I.E.

San Andrés de Paragsha – Simón Bolívar

Punto de monitoreo	Descripción	Coordenada UTM	Altitud m.s.n.m
Pileta I.E.	Pileta A: que se encuentra ubicada en el cafetín de la I.E. San Andrés de Paragsha.	S: 10° 40' 26" W: 76° 16' 2"	4380

Fuente: Elaboración propia

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

a. Técnicas.- Para la recolección de datos se utilizaron las siguientes técnicas:

- **Observación:** Observaciones in situ de las áreas (actividad humana y ambiente) para explorar, describir, identificar y comprender el contexto. Esta técnica nos sirvió para identificar y determinar la zona y los entes beneficiarios, de las cuales se sacaron las muestras del agua que consumen dentro de la I.E. en mención y se realizó la aplicación del estudio.
- **Resultados de los análisis de laboratorio microbiológico del agua de consumo de los estudiantes de la I.E. San Andrés de Paragsha:** Consistió en recopilar las muestras de agua con y sin aplicación del carbón activado con cáscara de coco, para determinar el grado de eficacia del método, es decir demostrar que el método logró

purificar el agua y absorber el hierro y plomo, y de esta manera obtener agua segura y que se pueda consumir sin temores ni restricciones.

Así mismo el análisis se efectuó en dos momentos en el agua tratada a los 60 minutos y 90 minutos de aplicado el carbón.

b. Instrumentos: Para la recolección de datos se utilizaron los siguientes instrumentos de investigación:

- Fichas de resultados de análisis de laboratorio microbiológico del agua.
- Recopilación de contenidos: Estudios similares en la zona de estudio.
- Fichas, apuntes y notas de libreta.
- Registros Fotográficos.

3.6. Técnicas de procesamientos y análisis de datos

a. Para la ejecución del estudio se pasó a seguir una serie de pasos o procedimientos que a continuación se detallan:

- Para iniciar el presente estudio primeramente se ubicó la zona de estudio, seguido el punto de muestreo de agua de la I.E. San Andrés de Paragsha, el cual serviría para aplicar el carbón activado.
- Paso seguido se realizó las gestiones administrativas con los directivos de la comunidad y de la I.E. en estudio.
- Luego se pasó a realizar la captación de las muestras de agua con la supervisión de los trabajadores del área de laboratorio de DIGESA Pasco, para el control de calidad de las muestras.

- Paso seguido se llevó las muestras iniciales al laboratorio para su respectivo análisis.
 - El resto de las muestras captadas sirvieron para realizar la aplicación del carbón activado de la cáscara de coco con fines de purificar y absorber el hierro y plomo del agua de consumo de los estudiantes de la I.E. San Andrés de Paragsha, donde se aplicó en dos momentos (60 y 90 minutos)
 - Una vez aplicado el carbón a las muestras según el momento propuesto, estas fueron rotuladas y conservadas.
 - Por último estas muestras fueron llevadas al laboratorio de la facultad de ingeniería agrícola de la UNALM – Lima para ser analizadas
- b.** Se procedió a la siguiente secuencia para el análisis de datos:
- Revisión de material recolectado.
 - Establecimiento de plan de trabajo inicial.
 - Codificación textual de los datos.
 - Análisis e Interpretación de datos.
 - Descripción del contexto, situaciones y sujetos para explicar sucesos.
 - Establecimiento de resultados, conclusiones y recomendaciones.

3.7. Orientación ética

Realiza estudios, propone y evalúa soluciones a los problemas del agua que consumen los estudiantes de la I.E. SAN ANDRES DE PARAGSHA – SIMÓN BOLIVAR que viene afectando a su salud al consumir este líquido elemental. Por ende como Ingeniero Ambiental estoy comprometido a encontrar soluciones con la responsabilidad, tolerancia, servicio, sensibilidad y muchos más valores y garantizar el desarrollo sustentable.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Descripción de trabajo en campo

El presente estudio de investigación está basado en aplicar un estudio piloto de purificación y absorción de hierro y plomo en el agua de consumo de los estudiantes de la I.E. San Andrés de Paragsha a nivel del cafetín estudiantil, a través de la aplicación de carbón activado de cáscara de coco como método de purificación y absorción de metales como el hierro y plomo, para lograr determinar su grado de eficacia y poder aplicarlo a gran escala y largo plazo.

El éxito de este estudio tendrá la finalidad principal de mejorar la calidad de vida de estos pobladores, quienes están expuestos a contaminantes presentes en el agua que consumen, que previo a esto se realizó una capacitación, seguido de la captación de la muestra,

preparación de los equipos y materiales a utilizar y monitoreo antes y después de la aplicación del método ya mencionado.

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

Los resultados obtenidos del muestreo realizado en el centro poblado de Paragsha a través de la I.E. San Andrés de Paragsha que fueron comparados con la normativa de Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y que establecen Disposiciones Complementarias D.S. N° 004-2017-MINAM, de la **Categoría 1:** poblacional y recreacional, **Subcategoría A:** Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable.

El presente estudio utilizó como instrumento normativo ambiental para comparar y analizar a la clasificación en la Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable, **A2 agua que pueden ser potabilizadas por tratamiento convencional.**

Tabla 2: ECA: Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de Agua Potable

Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5	5,5- 9,0	5,5-9,0
Sólidos disueltos totales	mg/L	1000	1000	1500
Sulfatos	mg/L	250	500	“
Temperatura	°C	Δ3	Δ3	“
Turbiedad	UNT	5	100	“
Coliformes totales	NMP/100ml	50	“	“
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	20	2000	20000
Conductividad	(μS/cm)	1500	1600	“
Plomo	Mg/l	0.01	0.05	0.05
Hierro	Mg/l	0.3	1	5

Fuente: (ECA) para Agua y que establecen Disposiciones Complementarias D.S. N° 004-2017-MINAM

4.2.1. Resultados de laboratorio antes y después de la aplicación del carbón activado de la cáscara de coco.

El análisis aproximado de las muestras de agua tanto inicial como final se realizaron en los Laboratorios de DIGESA Pasco en el área laboratorio de control ambiental (análisis microbiológico de aguas) y en el Laboratorio de la facultad de ingeniería agrícola de la UNALM - Lima.

Primeramente se realizó las pruebas iniciales, es decir la medición del agua en los parametros descritos anteriormente y sin aplicación del carbón activado para poder realizar la comparación y verificar el nivel de purificación y absorción del hierro y plomo presentes en el agua.

El resultado de esta prueba se presenta en el siguiente cuadro:

Cuadro 1: Resultado de la muestra inicial del agua del consumo en la I.E. San Andrés de Paragsha

Punto de Monitoreo	Parámetros	Concentración Inicial	ECA Para Agua
Pileta I.E.	Turbidez (NTU)	2.80	100
	pH	7.57	5.5 – 9.0
	Temperatura (°C)	10.3	Δ3
	Conductividad (uS/cm)	297	1600
	Coliformes Totales (Ufc/100ml) 35°C	22	“
	Coliformes fecales (Ufc/100ml) 44.5°C	< 1	2000
	Cloro residual (ppm)	0.0	<1mg/l (RD 140/2003) Conc. Max. 5mg/l (OMS)
	Plomo mg/l	0.09	0.05
	Hierro mg/l	0.81	1

Fuentes: DIGESA Pasco área laboratorio de control ambiental (análisis microbiológico de aguas) – Informe de ensayo N° 035 – AC – 2019.

Laboratorio de la facultad de ingeniería agrícola de la UNALM - Lima

Leyenda: ECA para Agua: Categoría 1: Poblacional y Recreacional Subcategoría A:

Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable

Interpretación

Como se puede observar en los resultados presentados en el cuadro 1, la mayoría de los parámetros evaluados se encuentran dentro de los valores normales para este tipo de agua según el ECA para Agua: Categoría 1: Poblacional y Recreacional Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable (A2), en su fase inicial es decir sin la aplicación del carbón activado, con excepción del plomo que Según

la observación realizada al momento del recojo de las muestras de sobrepasa el valor normal, se observó una gran turbidez del agua que sale de los grifos de las casas, mercado, instituciones educativas, instituciones públicas, la coloración anaranjada de las aguas y los índices de plomo en sangre de la población Paragshina presentados en estudios anteriores que nos sirvió de base y nos indujo a realizar el presente estudio, es así que se pudo evidenciar en la pileta de la I.E. el mismo panorama, lo que hace suponer que nuestra población de Pasco y en este caso de la comunidad de Paragsha están consumiendo agua contaminada y poco segura, así mismo por no contar con un sistema de tratamiento eficaz y seguir siendo una zona con alto riesgo a continuar siendo contaminada por la actividad minera de la zona.

Por tanto el objetivo principal del estudio es lograr purificar, reducir y absorber la concentración de hierro y plomo de estas aguas de consumo de esta manera mejorar el estado de salud de esta población, así mismo de utilizar técnicas de fácil acceso y económicas como es el caso del carbón activado de la cáscara de coco el cual podrían implementar posteriormente. Los valores encontrados de hierro y plomo en el agua de consumo de la población en estudio son de **0.81mg/l** y **0.09mg/l** respectivamente en su muestra inicial, lo que se pretende es purificar y absorber los metales en el agua y demostrar de esta manera el grado de eficacia de la aplicación del carbón activado de cáscara de coco.

Luego de obtener los resultados de las pruebas iniciales, se pasó a la aplicación del carbón activado para luego poder realizar la comparación y verificar el nivel de purificación y absorción del hierro y plomo presentes en el agua.

El resultado de esta prueba se presenta en el siguiente cuadro:

Cuadro 2: Resultado de la muestra final del agua del consumo en la I.E. San Andrés de Paragsha a los 60 y 90 minutos

Punto de Monitoreo	Parámetros	Concentración 60 minutos	Concentración 90 minutos	ECA Para Agua
Pileta I.E.	Turbidez (NTU)	2.47	1.93	100
	pH	7.76	7.77	5.5 – 9.0
	Temperatura (°C)	10.2	10.2	Δ3
	Conductividad (uS/cm)	299	311	1600
	Coliformes Totales (Ufc/100ml) 35°C	12	6	“
	Coliformes fecales (Ufc/100ml) 44.5°C	< 1	< 1	2000
	Cloro residual (ppm)	0.0	0.0	<1mg/l (RD 140/2003) Conc. Max. 5mg/l (OMS)
	Plomo mg/l	0.05	0.02	0.05
	Hierro mg/l	0.41	0.41	1

Fuentes: DIGESA Pasco área laboratorio de control ambiental (análisis microbiológico de aguas) – Informe de ensayo N° 035 – AC – 2019.

Laboratorio de la facultad de ingeniería agrícola de la UNALM - Lima

Leyenda: ECA para Agua: Categoría 1: Poblacional y Recreacional Subcategoría A:

Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable.

Interpretación

Para realizar la aplicación de carbón activado de cáscara de coco en el agua de consumo en la I.E. San Andrés de Paragsha se utilizó 10gr de carbón activado de cáscara de coco para 250 ml de agua, el cual se analizó en 2 tiempos para poder realizar las comparaciones que fueron a los 60 y 90 minutos.

Según los resultados finales a 2 tiempos diferentes (60 y 90 minutos), se puede demostrar que con la aplicación de carbón activado se logró reducir los niveles de hierro y plomo de la muestra hasta en un 87%, lo que nos hace suponer que a mayor tiempo expuesto del carbón activado en el agua mejor es mejor su acción purificadora y de absorción del plomo y hierro y de otros parámetros más como turbiedad, coliformes totales.

Los valores encontrados de hierro y plomo en el agua de consumo de la población en estudio fueron de **0.81mg/l** y **0.09mg/l** respectivamente en su muestra inicial.

En cuanto a la concentración **de hierro** con la aplicación de carbón activado el valor inicial de **0,81mg/l** bajo a **0.41mg/l** (60 minutos) manteniéndose en **0,41mg/l** (90 minutos).

Y de la concentración del **metal plomo** presente en el agua a estudio se obtuvo como resultado de **0.09mg/l** como valor inicial, el cual también se redujo a **0.05mg/l** (60 minutos) y **0.02mg/l** (90 minutos), es así que estos resultados una vez más demuestran la gran efectividad, porque según iba

pasando el tiempo el agua se iba tornando a una coloración natural, es decir ya no presentaba la coloración anaranjada y turbia que inicialmente se observaba.

Así mismo se pudo observar que la turbidez del agua al inicio fue de **2.80mg/l**, reduciéndose a **2.47mg/l** (60 minutos) y **1.93mg/l** (90 minutos), por tanto según iba pasando el tiempo de acción del carbón activado el agua iba cambiando de apariencia, es decir se redujo casi el 80% de turbiedad.

En cuanto al parámetro de los coliformes totales presentes se obtuvo como valor inicial de **22 Ufc/100ml**, reduciéndose a **12 Ufc/100ml** (60 minutos) y **6 Ufc/100ml** (90 minutos) demostrándose que el carbón activado es un excelente reductor microbiológico.

Por tanto con estos resultados se demuestra lo eficaz de la aplicación de carbón activado de cáscara de coco en la purificación y absorción de plomo y hierro del agua de consumo, es así que se acepta la hipótesis de trabajo o de estudio.

4.3. Prueba de Hipótesis

Según la hipótesis planteada se acepta ya que la aplicación del carbón activado de la cáscara de coco, si tiene un alto grado de eficacia en la purificación y absorción del hierro y plomo del agua de consumo de los estudiantes de la I.E. San Andrés de Paragsha, el cual se debería implementar en un posterior tiempo.

La aplicación del carbón activado de cáscara de coco en el agua de consumo, es eficaz si lo aplicamos adecuadamente.

La absorción del hierro y plomo del agua de consumo de los estudiantes de la I.E. San Andrés de Paragsha, a través de la aplicación del carbón activado de la cáscara de coco tiene un 87% de eficacia, es así que es un método alternativo para absorber hierro y plomo del agua y otros metales más.

4.4. Discusión de Resultados.

✓ Carbón activado o carbón activo es un término genérico que describe una familia de adsorbentes carbonáceos altamente cristalinos y con una porosidad interna altamente desarrollada.

El carbón activado se utiliza en la extracción de metales (v. gr. oro), la purificación de agua potable (tanto para la potabilización a nivel público como doméstico), en Medicina Veterinaria y Medicina Humana para casos de intoxicación, en el tratamiento de aguas residuales, clarificación de jarabe de azúcar, purificación de glicerina, en máscaras antigás, en filtros de purificación y en controladores de emisiones de automóviles, entre otros muchos usos.

✓ Usos ambientales

Las propiedades de adsorción del carbón activado son muy útiles en la eliminación de contaminantes del aire como de flujos de agua implicados en procesos industriales:

Limpieza de vertidos, Recuperación de aguas superficiales y subterráneas, Tratamiento de agua potable, Purificación de aire, Recogida de compuestos volátiles procedentes de procesos industriales como pintura, limpieza en seco, repostaje de combustible, Depuración de agua no destinada al consumo humano, Purificación de aminoácidos⁶, Purificación de ingredientes y productos alimentarios, Separación y purificación de gases como biogás, dióxido de carbono, hidrógeno, gas de síntesis, Protección personal y colectiva.

✓ La gran importancia que se tiene por reducir o eliminar el **hierro** del agua de consumo de la población de Paragsha radica en que el hierro puede ser peligroso para el ambiente.

Lo encontramos en la carne, productos integrales, papas y vegetales; el cuerpo humano absorbe hierro de animales más rápido que el hierro de las plantas. El hierro es parte esencial de la hemoglobina: el agente colorante rojo de la sangre que transporta el oxígeno a través de nuestros cuerpos.

En altas dosis puede provocar conjuntivitis, corioretinitis y retinitis, se contacta con los tejidos y permanece en ellos. La inhalación de concentraciones excesivas de vapores o polvos de óxido de hierro puede generar neumoconiosis benigna, llamada siderosis.

Ningún daño físico de la función pulmonar se ha asociado con la siderosis.

La inhalación de concentraciones excesivas de óxido de hierro puede incrementar el riesgo de desarrollar cáncer de pulmón en trabajadores expuestos a carcinógenos pulmonares (OMS; 2006). (LABOR, 2009)

✓ Así mismo el **plomo** puede entrar en el agua potable a través de la corrosión de las tuberías. Esto es más común que ocurra cuando el agua es ligeramente ácida. Este es por qué los sistemas de tratamiento de aguas públicas requieren llevar a cabo un ajuste de pH en el agua que sirve para el uso del agua potable. El Plomo no cumple ninguna función esencial en el cuerpo humano, este puede principalmente hacer daño después de ser tomado en la comida, aire o agua.

El Plomo puede causar varios efectos no deseados, como son: perturbación de la biosíntesis de hemoglobina y anemia, incremento de la presión sanguínea, daño a los riñones, abortos y abortos sutiles, perturbación del sistema nervioso, daño al cerebro, disminución de la fertilidad del hombre a través del daño en el esperma, disminución de las habilidades de aprendizaje de los niños, perturbación en el comportamiento de los niños, como es agresión, comportamiento impulsivo e hipersensibilidad.

El Plomo puede entrar en el feto a través de la placenta de la madre. Debido a esto puede causar serios daños al sistema nervioso y al cerebro de los niños por nacer (OMS; 2006).

El saturnismo es una intoxicación crónica de plomo; ocurre por la inspiración o la absorción por vía cutánea y mucosa o por el aparato digestivo de plomo metálico y orgánico. El plomo se adhiere a los glóbulos rojos en la sangre y luego se deposita, desplazando el calcio en los huesos, el cual puede circular nuevamente en situaciones de estrés, en caso de infecciones o acidosis. Se deposita también en el hígado y en los riñones. En una breve fase inicial, caracterizada por una elevada cantidad de plomo en círculo, son presentes señales de anemia saturnina por la alterada síntesis de la hemoglobina y los glóbulos rojos a causa de la inactivación de las enzimas del metabolismo porfirínico. Siguen síntomas a nivel del sistema nervioso central como encefalopatía y parálisis, síntomas de la circulación periférica, con encarnado térreo, la así llamada tez saturnina, del aparato osteomuscular, con dolor articular, la gota saturnina y lesiones óseas. Causa enfermedades de los riñones, con lesión renal y riñón saturnino atrófico. El estadio final es el caquessia (OMS; 2006). (*Labor, 2009*).

Los principales metales que se encuentran en los efluentes industriales son: cadmio, zinc, cromo, níquel, mercurio y plomo. Estos iones metálicos son considerados potenciales devastadores de los ecosistemas y la salud humana, he ahí la necesidad de disminuir su concentración en los cuerpos de agua, suelo y aire. (*Candelaria, 2015*)

✓ En la población de Paragsha existen valores muy altos de metales en la sangre; El plomo tiene un valor promedio en los niños superior a lo que la OMS declara como límite máximo, en general hay casos donde el valor del plomo en la sangre es superior al límite. Hay que precisar que el límite de 100 $\mu\text{g/l}$ es un valor que muchos consideran muy alto. En Europa, por ejemplo, cada individuo que tiene una concentración de plomo en la sangre superior a 15 $\mu\text{g/l}$ es hospitalizado. Esto quiere decir que, si estuviéramos en Europa el 100% de la población analizada en Paragsha sería hospitalizada de inmediato. (Labor ,2009)

CONCLUSIONES

Se llegó a las siguientes conclusiones de la investigación:

1. En conclusión según los resultados obtenidos se demuestra que con la aplicación del carbón activado de cáscara de coco se logró purificar y absorber el hierro y plomo del agua de consumo en la I.E. San Andrés de Paragsha, que formo parte de la muestra piloto de agua.
2. Se logró demostrar el alto grado de eficacia de la aplicación de carbón activado de cáscara de coco en el agua de consumo como parte de la purificación y absorción de concentraciones de hierro y plomo.
3. El estudio utilizó un carbón activado de cáscara de coco exportado de otro país ya que si cuenta con los requerimientos óptimos para poder efectuar el estudio.
4. Se logró purificar el agua de consumo de la zona de estudio a través del método de aplicación con carbón activado, llevando los valores iniciales a una óptima calidad y purificación del agua quedando apto y seguro para el consumo humano.
5. El presente estudio es una clara realidad de propuesta que se debe implementar para mejorar la calidad del agua de esta zona y de otras; de tal manera mejorar el nivel de vida de la población.

6. En conclusión la cáscara de coco es útil como materia prima en la obtención de carbón activado de buena calidad, debido específicamente al bajo porcentaje en cenizas, pero para obtenerlo se debe lograr una temperatura de carbonización **600°C** a más y un tiempo de carbonización **2.5 h** aproximadamente, a estas condiciones, la adsorción de metales pesados y el rendimiento será de 55%, por tanto en el Perú debemos adquirir equipos y materiales para obtener un carbón activado eficaz y estar en el mismo nivel que otros países porque contamos con la materia prima que es la cáscara de coco.
7. Las condiciones aptas para la adsorción de plomo y hierro con el carbón óptimo producido son: dosis de carbón **0.10g/25 ml**, pH 7 y tiempo de contacto mayor a 60 minutos a más tiempo, para una mejor acción de absorción.
8. Por tanto los valores encontrados de hierro y plomo en el agua de consumo de la población en estudio fueron de **0.81mg/l** y **0.09mg/l** respectivamente en su muestra inicial.
9. Concerniente a la acción del carbón activado en la absorción del hierro fue de **0,81mg/l** que bajo a **0.41mg/l** (60 minutos) y manteniéndose en **0,41mg/l** (90 minutos), lográndose obtener una reducción significativa en relación a la muestra inicial, pero no se muestra una relación en los tiempos, ya que se mantuvo en la misma concentración.

10. Y para el metal plomo se obtuvo como resultado de **0.9mg/l** como valor inicial, lográndose reducir a **0.05mg/l** (60 minutos) y **0.02mg/l** (90 minutos), es así que estos resultados una vez más demuestran su gran efectividad, porque según iba pasando el tiempo el agua iba tomando la coloración natural, es decir ya no presentaba la coloración anaranjada que inicialmente se observaba, también el nivel de turbidez y reducción de coliformes totales es evidente.

RECOMENDACIONES

Se llegó a las siguientes recomendaciones

1. Se recomienda realizar la medición de parámetros microbiológicos que permitan establecer ciertamente el nivel de remoción de patógenos que puede alcanzar la aplicación de carbón activado de cascara de coco, ya que en la presente investigación se obtiene como un indicador indirecto del contenido de turbiedad.
2. Se recomienda analizar las implicaciones económicas que pueda traer la posible utilización de Carbón Activado Granular como reemplazo total o parcial de medios filtrantes convencionales.
3. Actualmente una vida saludable y digna no es posible en Cerro de Pasco y en este caso en la comunidad de Paragsha porque la situación del agua y de la salud de los pobladores de la ciudad no es sustentable si persisten las actuales condiciones desalentadoras, como la contaminación minera.
4. Igualmente a través de la consulta realizada a otros estudios similares, se identifica que la eficacia de cualquier modelo, método o tecnología, dependerá en gran medida del grado de capacitación y educación sanitaria que reciban los potenciales usuarios de estos sistemas, para que verdaderamente se logre asegurar la calidad de agua para consumo humano.

5. Si no se tiene recursos económicos para implementar plantas de tratamiento de agua o comprar bidones de agua, opten por este método su aprendizaje y utilización son muy sencillos y económicamente accesible.
6. Las empresas mineras que están contaminando los recursos hídricos de la zona deben cambiar su forma de extracción y procesamiento de los minerales para tutelar más la naturaleza y los seres humanos que viven y dependen en ella.

BIBLIOGRAFIA

- Adame y D. Salin **“Contaminación Ambiental”** Edit. Trillas México 1993.
- Appelo and Posma, 1993, **“Diferentes procesos de sorción”**
- Arturo González H., Alejandra Martín D., Rosario **Figueroa** **“Tecnologías de tratamiento y desinfección de agua para uso y consumo humano”** Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- Banco Interamericano de Desarrollo (2010). **“Agua potable, saneamiento y los objetivos de desarrollo del milenio en América Latina y el Caribe”**. Washington D.C.: BID.
- Blas Corso, Hilda Yohana, **“Aplicación del carbón activado de la cáscara de coco para adsorber hierro y manganeso en las aguas del río San Luís- Prov. Carlos Fermín Fitzcarrald – Ancash 2016”**. Universidad Cesar Vallejo 2016.
- Candelaria Tejada Tovar, Ángel Villabona Ortiz y Luz Garcés Jaraba, **“Adsorción de metales pesados en aguas residuales usando materiales de origen biológico”**, Tecno Lógicas – 2015.
- Carvajal, Lizardo. (1998) **“Metodología de la Investigación Científica”**. Curso General y Aplicado. 12^o- Ed. Cali: F.A.I.D.
- Carrillo & Sánchez Muñoz, 2013, **“La distribución del tamaño de los poros en el carbón activado”**

- Diana Fernanda Navarrete Aguirre, Nadia Rosaura Quijano Arteaga, Cristian Douglas Vélez Sancán **“Elaboración de carbón activado a partir de materiales no convencionales, para ser usado como medio filtrante”** Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil – Ecuador – 2014.
- Dr. Carlos Pedro Eróstegui Revilla **“Contaminación por metales pesados”**, Revista científica ciencia médica, Cochabamba 2009.
- **“Estudio de Diagnóstico de Crecimiento Región Pasco”**, Lima - Febrero 2015 Ministerios de la producción.
- Francischetti Zago, 2010 **“Carbón activado granular”**
- Gómez García, M., **“Diccionario de uso del medio ambiente EUNSA”**. Ediciones Universidad de Navarra, S.A. 1ª ed., 1ª imp (03/2009).
- Glibota, Gustavo Santiago A. **“Absorción de arsénico en filtros de carbón activado comerciales”** - (Análisis y comparación de resultados)
- Hegewisch, E. M. (2009). **“Agua potable y saneamiento básico en América latina. Un objetivo compartido y alcanzable”**. Boletín económico de ICE, Información Comercial Española, 63-70.
- Hilda Yohana Blas Corso, **“Aplicación del carbón activado de la cáscara de coco para adsorber hierro y manganeso en las aguas del río San Luís- Prov. Carlos Fermín Fitzcarrald – Ancash 2016”**. Universidad Cesar Vallejo, 2016.

- Jairo Alberto Romero Rojas, 2006, **“Composición y estructura del carbón activado”**
- José Edward Arana Correa **“Evaluación de la aplicación de carbón activado granular en la filtración del agua clarificada del Río Cauca”**
Universidad del Valle, facultad de ingeniería, Escuela de ingeniería de los recursos naturales y del ambiente - Santiago de Cali – 2016.
- Jorge Velásquez J. †, Luz Adriana Mejía T., Federico Carrasquilla G., Ricardo López S., Beatriz Garcés B. **”Obtención de carbón activado a partir de cáscara de coco pretratada con vapor”**, Publicada en línea por la Universidad Pontificia Bolivariana, 2007.
<http://convena.upb.edu.co/~revistaaplicada>
- “LABOR”, **“Evaluación de la Calidad de los Recursos Hídricos en la Provincia de Pasco y de la Salud en el Centro Poblado de Paragsha”**, 2009.
- Luna, González, Gordo, & Martín, 2007 **“Importancia y uso del carbón activado”**
- Mario Tamayo y Tamayo **“El Proceso de la Investigación”**, Limusa Noriega Editores Tercera Edición Páginas: 72 hasta 130.
- Marco Bersanelli; Mario Gargantini (2006). Sólo el asombro conoce. **“La aventura de la investigación científica”**. Ediciones Encuentro. ISBN 978-84-7490-810-7.

- MSc. Enma M. Manals Cutiño, MSc. Frank Vendrell Calzadilla, Dra. Margarita Penedo Medina, “**Aplicación de carbón activado de cascarón de coco en adsorción de especies metálicas contenidas en el licor de desecho (WL) de la lixiviación ácida de mineral laterítico**”, Facultad de Ingeniería Química, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba – 2015.
- Source – Labor, 2018 “**Estudios en poblaciones afectadas por metales pesados en Pasco**” - Análisis Ambiental de la Calidad de los Recursos Hídricos en la Zona Minera de Cerro de Pasco.
- Valquiria Campos, “**Estudio de un método alternativo para la purificación de arsénico del agua**”. Departamento de Geología Ambiental. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. Rua Kyoto, 98-Jardim Japão, São Paulo, Brasil, 2003.
- Wilfredo Momoy “**Elaboración de Protocolo de Investigación**”; 3ra Edición, Lima. Perú - 2001.
- Wikipedia.com, “**Carbón Activado**”
- Zorrilla Arena, Santiago (2007). “**Introducción a la metodología de la investigación**”. México Océano: Aguilar, León y Cal1988.
- **Páginas de Internet:**
 - “**Cómo hacer carbón activado**”
<https://es.wikihow.com/hacer-carb%C3%B3n-activado#/Imagen:Make-Activated-Charcoal-Step-17.jpg>

- **“Distribución del tamaño de poros”**

<http://www.slideshare.net/fullscreen/renatolachira/carbn-activado/1>

- **“Los filtros domésticos de carbón activo”**

<http://www.terra.org/categorias/articulos/los-filtros-domesticos-de-carbon-activo>

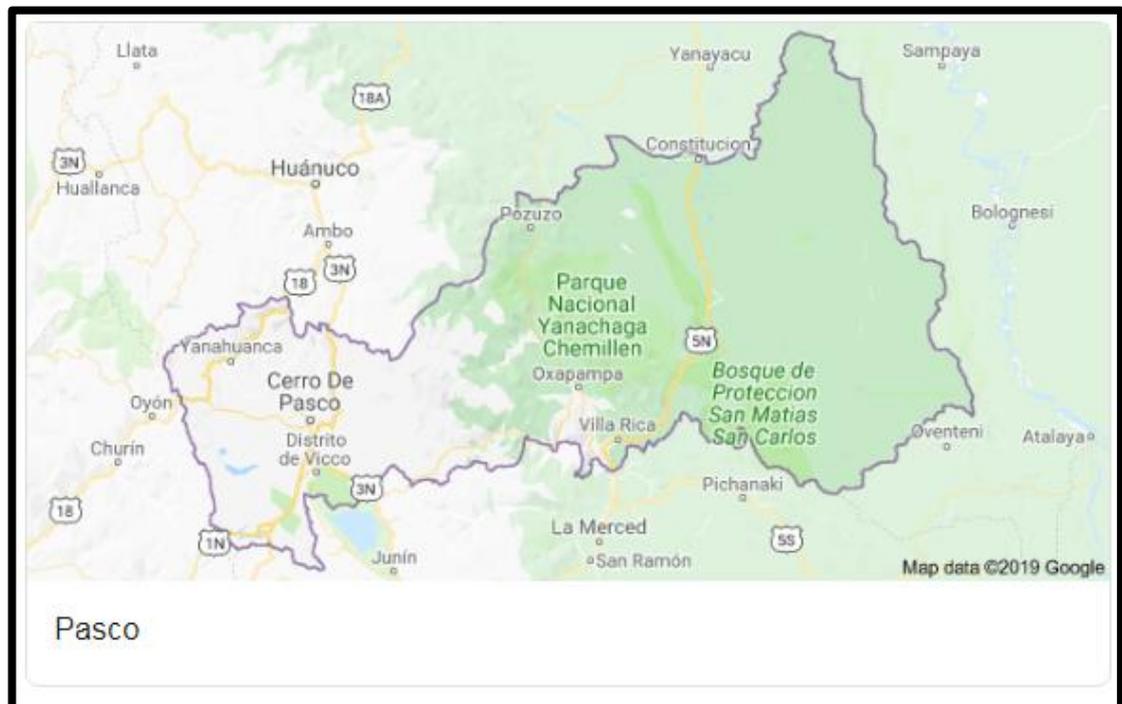
- **“Carbón Activado”**

https://es.wikipedia.org/wiki/Carb%C3%B3n_activado

ANEXOS

ANEXO N° 1

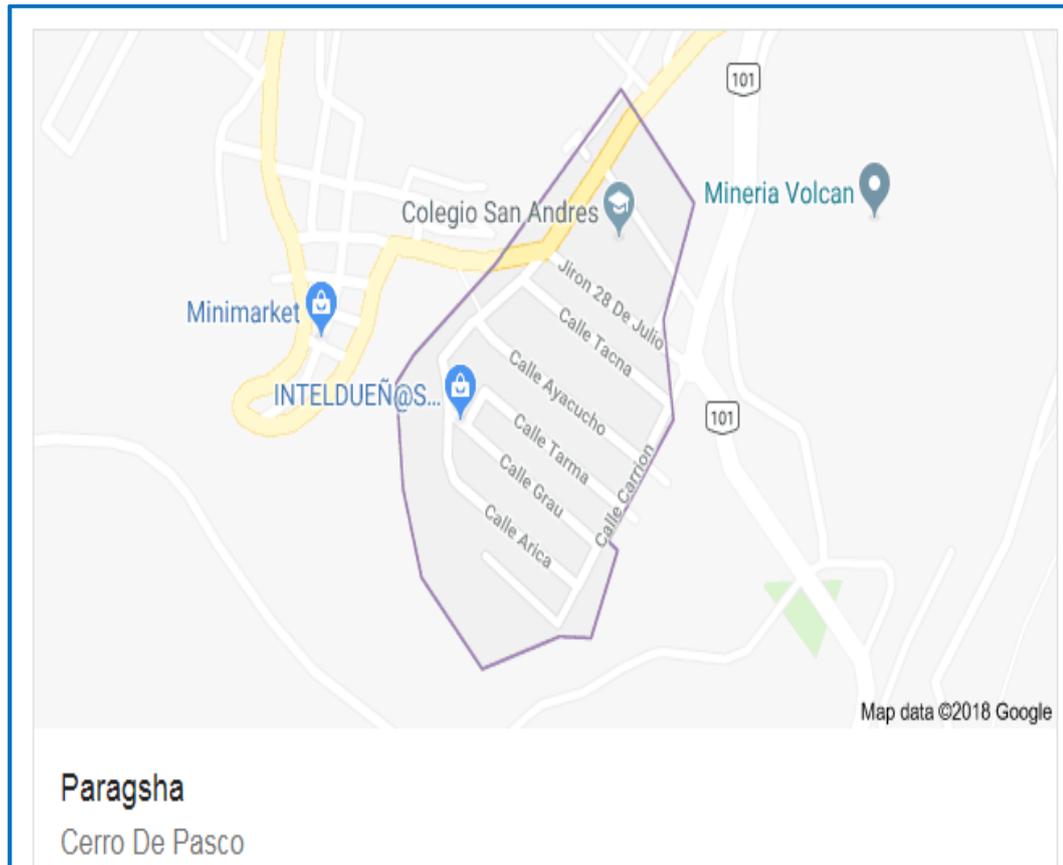
MAPA DE PASCO



Fuente: "Google"

ANEXO N° 2

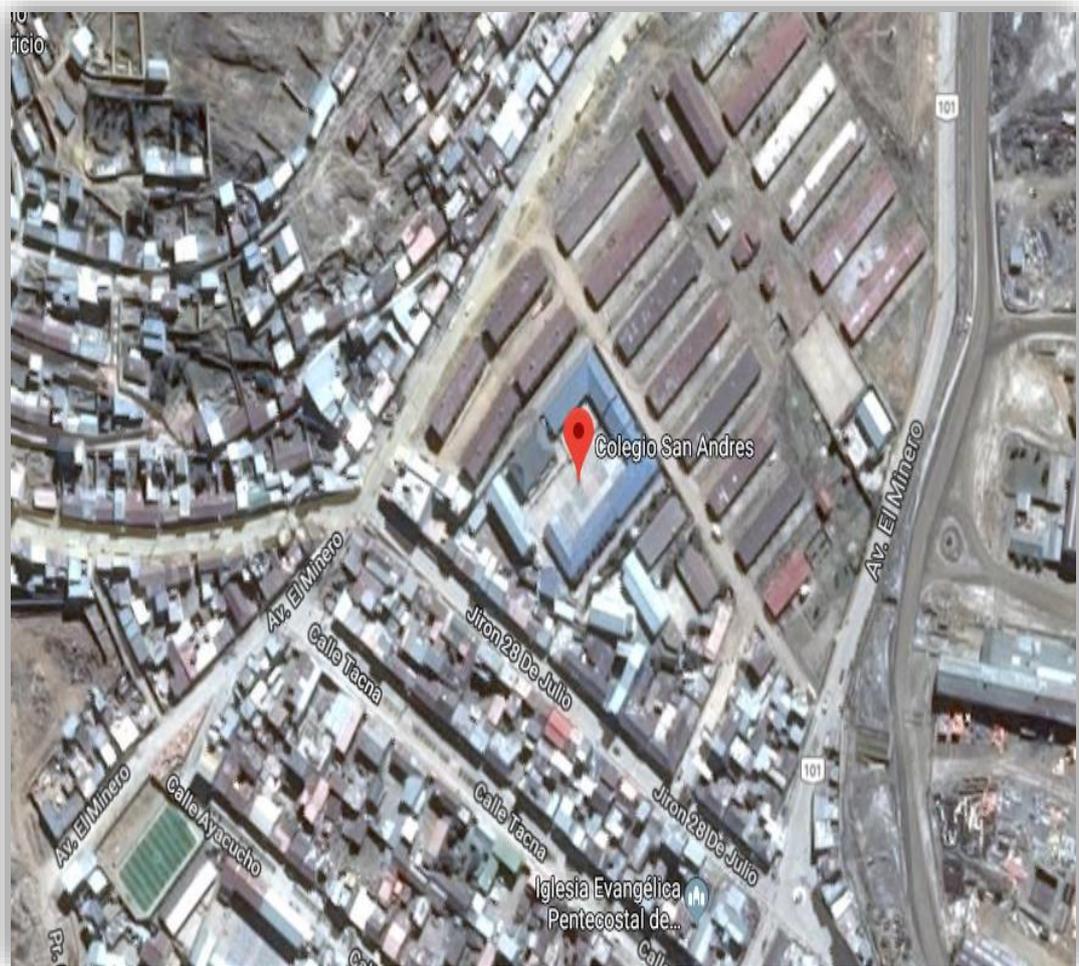
MAPA DE UBICACIÓN DEL DISTRITO DE SIMÓN BOLÍVAR - PASCO



Fuente: Google

ANEXO N° 3

UBICACIÓN SATELITAL DEL PUNTO DE MUESTREO DE AGUA DE CONSUMO DE LA I.E. SAN ANDRÉS DE PARAGSHA



Fuente: Elaboración propia

ANEXO N° 4

Procedimiento de muestreo de agua de consumo en la I.E. San Andrés de Paragsha –Simón Bolívar



Foto 1: Pileta donde se retiró una muestra de agua perteneciente al colegio San Andrés de Paragsha



Foto 2: Procedimiento de saca de muestra de agua y rotulación perteneciente al colegio San Andrés de Paragsha



Foto 3: Proceso de manejo de las muestras de agua perteneciente al colegio San Andrés de Paragsha para luego ser llevadas al laboratorio para su respectivo análisis

Procedimiento de aplicación del carbón activado de coco en la muestra de agua del colegio San Andrés de Paragsha



Foto 4: Pesado de carbón activado de la cáscara de coco para aplicar en el agua de estudio

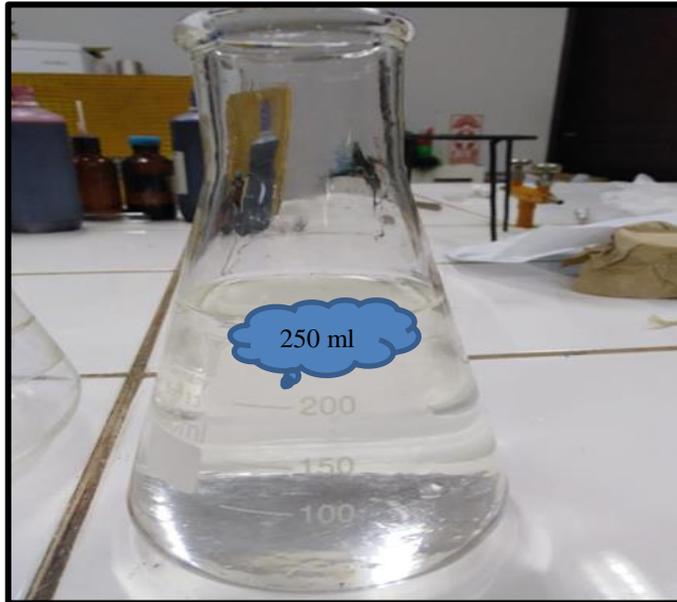


Foto 5: 250ml de muestra de agua de consumo



Foto 6: Aplicación de carbón activado de coco en 2 tiempos (10 gr de carbón activado de coco en 250ml de agua de consumo)



Foto 7: Aplicación del carbón activado de cáscara de coco en la muestra de agua a los tiempos designados 60 y 90 minutos, para luego ser analizados

ANEXO N° 5

MATRIZ DE CONSISTENCIA

“GRADO DE EFICACIA DEL CARBÓN ACTIVADO DE LA CÁSCARA DE COCO, EN LA ABSORCIÓN DEL HIERRO Y PLOMO DEL AGUA DE CONSUMO DE LOS ESTUDIANTES DE LA I.E. SAN ANDRÉS DE PARAGSHA – SIMÓN BOLÍVAR 2018”

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	INDICADORES
<p>GENERAL: ¿Cuál es el grado de eficacia del carbón activado de la cáscara de coco, en la absorción del hierro y plomo del agua de consumo de los estudiantes de la I.E. San Andrés de Paragsha – Simón Bolívar?</p> <p>ESPECIFICOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Cómo aplicar el carbón activado de cáscara de coco en el agua de consumo de los 	<p>GENERAL: Identificar y determinar el grado de eficacia del carbón activado de la cáscara de coco, en la absorción del hierro y plomo del agua de consumo de los estudiantes de la I.E. San Andrés de Paragsha – Simón Bolívar.</p> <p>ESPECIFICOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aplicar el carbón activado de cáscara de coco en el agua de consumo de los estudiantes de 	<p>HIPÓTESIS GENERAL: El carbón activado de la cáscara de coco, tiene un alto grado de eficacia en la absorción del hierro y plomo del agua de consumo de los estudiantes de la I.E. San Andrés de Paragsha.</p> <p>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La aplicación del carbón activado de cáscara de coco en el agua de consumo de los estudiantes de la I.E. San Andrés de Paragsha es eficaz 	<p>Variable Dependiente (VD) Absorción del hierro y plomo del agua de consumo de los estudiantes de la I.E. San Andrés de Paragsha.</p>	<p>De la variable dependiente</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Grado de absorción del hierro y plomo del agua de consumo de los estudiantes de la I.E. San Andrés de Paragsha. - Alto (90 – 100%) - Medio o moderado (60 – 80%) - Bajo grado de efectividad (20 – 50%)

<p>estudiantes de la I.E. San Andrés de Paragsha?</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Cómo lograr la absorción del hierro y plomo del agua de consumo de los estudiantes de la I.E. San Andrés de Paragsha? • ¿El carbón activado de la cáscara de coco será un método alternativo para lograr absorber el hierro y plomo del agua de la zona de estudio? • ¿Será el carbón activado de la cáscara coco un purificador del agua para el consumo humano? 	<p>la I.E. San Andrés de Paragsha – Simón Bolívar.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lograr la absorción del hierro y plomo del agua de consumo de los estudiantes de la I.E. San Andrés de Paragsha, a través de la aplicación del carbón activado de la cáscara de coco. • Establecer que el carbón activado de la cáscara de coco es un método alternativo para absorber hierro y plomo del agua de la zona de estudio. • Reconocer la utilidad del carbón activado de la cáscara de coco como purificador del agua para el consumo humano. 	<p>si lo aplicamos adecuadamente.</p> <ul style="list-style-type: none"> • La absorción del hierro y plomo del agua de consumo de los estudiantes de la I.E. San Andrés de Paragsha, a través de la aplicación del carbón activado de la cáscara de coco tiene un 90% de efectividad. • El carbón activado de la cáscara de coco es un método alternativo para absorber hierro y plomo del agua de la zona de estudio. • La utilidad del carbón activado de la cáscara de coco como purificador del agua para el consumo humano se evidenció a través de los resultados de laboratorio (a los 60 y 90 minutos). 	<p>Variable Independiente (VI) Grado de eficacia del carbón activado de la cáscara de coco</p> <p>Variable Interviniente (VIn) Método alternativo en la solución de problemas de salud de los pobladores Paragshinos.</p> <p>-</p>	<p>De la variable independiente Grado de eficacia del carbón activado</p> <ul style="list-style-type: none"> - Alto - Medio - Bajo <p>Grado de aplicabilidad del método en la absorción del hierro y plomo del agua de consumo de los estudiantes de la I.E. San Andrés de Paragsha.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Adecuado - Inadecuado <p>De la variable interviniente</p> <ul style="list-style-type: none"> - Disminución de enfermedades gastrointestinales <p>Agua segura y de calidad sin la presencia de hierro y plomo.</p>
--	--	--	--	---

BACHILLER: YACHAS TENA, EDYC JHAMES