

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



**ELABORACIÓN DE UN FILTRO ECOLÓGICO A BASE DE
CARBÓN ACTIVADO OBTENIDO DEL ENDOCARPIO DE
COCO PARA FILTRADO DE AGUA CON UNA PRESIÓN
MÍNIMA DE 20 PSI**

Trabajo de graduación en modalidad de proyecto presentado por
Wilson Geovany Hernández Vásquez para optar al grado académico de
Licenciado en Tecnología Industrial

Guatemala,
2020

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería

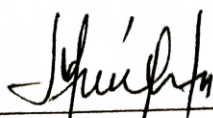


**ELABORACIÓN DE UN FILTRO ECOLÓGICO A BASE DE
CARBÓN ACTIVADO OBTENIDO DEL ENDOCARPIO DE
COCO PARA FILTRADO DE AGUA CON UNA PRESIÓN
MÍNIMA DE 20 PSI**

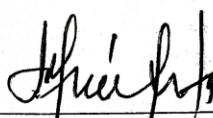
Trabajo de graduación en modalidad de proyecto presentado por
Wilson Geovany Hernández Vásquez para optar al grado académico de
Licenciado en Tecnología Industrial

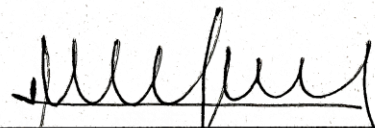
Guatemala,
2020

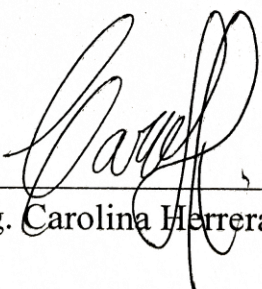
Vo. Bo.:

(f) 
Ing. Jorge Ramón Méndez Costa

Tribunal examinador:

(f) 
Ing. Jorge Ramón Méndez Costa

(f) 
Ing. Héctor Alfonso Monzón

(f) 
Ing. Carolina Herrera Rosales

Fecha de aprobación: Guatemala, 27 de enero 2020

PREFACIO

Durante varios años se ha estado utilizando carbón activado con la finalidad de poder generar beneficios a la industria y humanidad, a través de sus diferentes usos, siendo un recurso fácil de obtener, teniendo en cuenta el beneficio de su uso al medio ambiente, principalmente se ha elaborado este informe donde muestra el uso y beneficios que pueden ser ejecutados en un filtro ecológico, ayudando a personas que no cuentan con la disponibilidad de adquirirlo.

ÍNDICE

PREFACIO	V
LISTA DE CUADROS	VIII
LISTA DE FIGURAS	IX
RESUMEN	X
ABSTRACT.....	X
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	2
A. General	2
B. Específicos	2
III. JUSTIFICACIÓN	3
IV. MARCO TEÓRICO.....	4
A. Definición del agua potable	4
B. Importancia del agua.....	4
C. Propiedades físicas del agua	4
D. Calidad del agua	5
E. La dureza del agua	5
F. El cocotero	10
G. Carbón activo	12
V. METODOLOGÍA	18
A. Procedimiento para la elaboración del filtro de carbón activado	18
B. Limpieza de los envases	18
C. Elaboración de carbón activado.....	19
D. Toma de muestra	19
E. Determinación de cloro residual	20
F. Determinación de pH.....	21

G.	Determinación de dureza	21
H.	Presión de agua	22
VI.	RESULTADOS.....	24
A.	Elaboración del filtro ecológico de carbón activado.....	24
B.	Porcentaje de rendimiento	26
C.	Análisis obtenidos en los parámetros fisicoquímicos	28
VII.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	35
VIII.	CONCLUSIONES	38
IX.	RECOMENDACIONES	39
X.	BIBLIOGRAFÍA	40
XI.	ANEXOS	42
XII.	GLOSARIO	49

LISTA DE CUADROS

	Página
Cuadro No. 1 Clasificación de la dureza del agua	6
Cuadro No. 2 Sabor y olor del agua	9
Cuadro No. 3 Contenido nutricional del agua de coco (para 100ml).....	11
Cuadro No. 4 Materias primas para activación del carbón activado.....	16
Cuadro No. 5 Cantidad de carbón activado para filtrar las muestras	26
Cuadro No. 6 Porcentaje de rendimientos endocarpios secos.....	27
Cuadro No. 7 Informe de resultados de análisis de cloro residual en agua potable	28
Cuadro No. 8 Informe de resultados de análisis de cloro residual en agua potable después de filtrado	28
Cuadro No. 9 Informe de resultados de análisis de cloro residual en agua de pozo.....	29
Cuadro No. 10 Informe de resultados de análisis de cloro residual en agua de pozo después de filtrado	29
Cuadro No. 11 Informe de resultados de análisis de pH en agua potable	30
Cuadro No. 12 Informe de resultados de análisis de pH para agua potable después de filtrado	30
Cuadro No. 13 Informe de resultados de análisis de pH en agua de pozo	31
Cuadro No. 14 Informe de resultados de análisis de pH en agua de pozo después de filtrado.....	31
Cuadro No. 15 Informe de resultados de análisis dureza en agua potable	32
Cuadro No. 16 Informe de resultados de análisis dureza para agua potable después de filtrado ...	32
Cuadro No. 17 Informe de resultados de análisis de dureza de agua de pozo.....	33
Cuadro No. 18 Informe de resultados de análisis de dureza de agua de pozo después de filtrado .	33

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura No. 1 Endocarpio del coco.....	12
Figura No. 2 El carbón.....	13
Figura No. 3 Cápsulas de carbón activado.....	16
Figura No. 4 Filtro fase terminado	24
Figura No. 5 Fases del filtro ecológico	25
Figura No. 6 Etapa de filtración	25
Figura No. 7 Resultados obtenidos de cloro residual en las muestras de agua potable antes y después de ser filtradas	36
Figura No. 8 Resultados obtenidos de pH en las muestras de agua pozo	36
Figura No. 9 Resultados obtenidos dureza total en las muestras de agua pozo antes y después de ser filtradas.....	37

RESUMEN

En este trabajo de investigación se elaboró un filtro ecológico de carbón activado a base de endocarpio de coco, se inició con la recolección de los endocarpios de coco, posteriormente se secaron y carbonizaron, una vez obtenido el carbón se procedió a activarlo en un horno a una temperatura de 250°C, el filtro consta de tres fases: un acople de arena fina con su respectivo tamiz, un segundo acople con grava de ½cm con su tamiz y un tercer acople que contiene el carbón activado de ½ cm con su tamiz. Utilizando 50 gramos de carbón activo en la última fase del filtro, se procedió a filtrar el agua de las muestras recolectadas, el resultado de filtración se realizaron los análisis de cloro residual, pH y dureza total.

La investigación se realizó en los meses de julio a noviembre 2019, periodo en el cual se analizaron las cuatro muestras de agua potable y de pozo en los laboratorios de ECOQUIMSA. Para la recolección de muestras se seleccionaron dos puntos en una vivienda, de las cuales se determinó el cloro residual, pH y dureza total del agua.

Al poder hacer un análisis con respecto a los resultados obtenidos basados en la norma COGUANOR NTG 29006-agua para consumo humano, se observó que los resultados de cloro residual es de <0.05 para agua potable antes del filtrado, <0.02 después de filtrado, para la determinación de pH los resultados son 6.92 para agua potable antes del filtrado, 6.08 después de filtrado, los resultados obtenidos para la dureza del agua es de 29.04 mg para agua de pozo antes del filtrado, 5.03 mg después de filtrado.

ABSTRACT

In this research work, an ecological activated carbon filter based on coconut endocarp was elaborated, it began with the collection of coconut endocarps, later they were dried and

carbonized, once the carbon was obtained, it was activated in a furnace at a temperature of 250 ° C, the filter consists of three phases: a fine sand coupling with its respective sieve, a second coupling with ½ cm gravel with its sieve and a third coupling containing the ½ cm activated carbon with its sieve. Using 50 grams of activated carbon in the last phase of the filter, the water from the collected samples was filtered, the filtration result was analyzed for residual chlorine, pH and total hardness. The research was carried out in the months of July to November 2019, period in which the four samples of drinking water and well were analyzed in the ECOQUIMSA laboratories, for the collection of samples two points were selected in a house, of which The residual chlorine, pH and total hardness of the water were determined.

By being able to make an analysis with respect to the results obtained based on the COGUANOR NTG 29006-water for human consumption standard, it was observed that the results of residual chlorine is <0.05 for drinking water before filtering, <0.02 after filtering, for the pH determination the results are 6.92 for drinking water before filtering, 6.08 after filtering, the results obtained for the hardness of the water is 29.04 mg for well water before filtering, 5.03 mg after filtering.

I. INTRODUCCIÓN

Los problemas más comunes que presenta el agua de consumo humano están relacionados con su calidad sanitaria lo que significa una dificultad considerable para los consumidores. Generalmente las afectaciones vienen en dos tipos, uno referido a la parte químico-física del agua, y el otro en el aspecto microbiológico. De un lado es frecuente encontrar suspensiones, coloides, sedimentos y otros arrastres sólidos, también contaminantes de tipo químico por arrastres o provenientes del subsuelo, y en el orden microbiológico, innumerables microorganismos que van desde coliformes fecales a bacterias patógenas de varios tipos.

Esta investigación se realiza con la finalidad de apoyar la purificación del agua potable en el sector residencial o industrial. Para lo anterior se diseñará un Filtro Ecológico a base de carbón activado obtenido mediante la carbonización del endocarpio del coco, que a su vez es un recurso factible de obtener en varias regiones de nuestro país.

El proyecto pretende construir este sistema de filtrado es capaz de reducir las sustancias sólidas y microorganismos que lleva desde su captación, ayudando a mantener el agua limpia y pura para ser utilizada en el consumo humano.

Se realizaron muestras del agua potable y de pozo en laboratorios de Ecoquimsa, para determinar las sustancias químicas y microorganismos que se presentan en la tierra u otras formas de contaminación. Estas muestras se tomarán antes de que el afluyente ingrese al filtro y en la finalización de la purificación en la descarga de éste. Finalmente se compararon los valores obtenidos de los análisis, con los límites establecidos en la norma COGUANOR NTG/ISO/IEC 17025:2005 según OGA-LE-051-13, obligatoria para agua potable.

II.OBJETIVOS

A. General

1. Elaborar un filtro ecológico a base de carbón activado, obtenido del endocarpio de coco, para filtrado de agua de pozo extraída con bomba u otro afluente.

B. Específicos

1. Diseñar un filtro ecológico, realizado a través de 3 fases de filtrado y purificación, permitiendo que el agua sea apta para el consumo humano.
2. Elaborar el carbón activado, a través de la obtención del endocarpio del coco para la absorción de componentes orgánicos del agua.
3. Comparar resultados de los análisis, con las muestras obtenidas de los diferentes afluentes, permitiendo saber que sustancias contiene el agua para determinar si es considerada apta para el consumo humano.

III. JUSTIFICACIÓN

En nuestro país hay diversidad de comunidades que cuentan con agua de pozo u otros afluentes para su uso, pero no se tiene una certeza de su tratamiento y potabilización, que permita a los usuarios tener la confianza que sea inocua, que es el objetivo prioritario desde el punto de vista de la salud.

A través de este proyecto se presentará un filtro con carbón activado a base de coco, con lo que se logrará mejorar la calidad del agua para el consumo humano. El utilizar el carbón activado ayuda a retener sustancias sólidas y microorganismos presentes en el agua. Este carbón, es posible producirlo de una forma económica lo que contribuye a la realidad de las familias en las zonas rurales. El coco es un recurso natural fácil de obtener en las zonas costeras del país.

Este diseño de filtro será de gran ayuda para las personas de bajos recursos que no pueden adquirir agua purificada, permitiéndoles tener un líquido más confiable que tomar directamente de los grifos de sus viviendas.

IV. MARCO TEÓRICO

A. Definición del agua potable

Se puede definir como el agua que se distribuye a la población, siendo esta utilizada para consumo humano, uso doméstico e industrial, es sumamente útil en nuestro planeta. El agua potable o destinada a bebida es un producto que comprende parámetros físicos, químicos, bacteriológicos y radiológicos del agua en el origen, que a simple vista modifican su sabor, color y olor, representando así un peligro potencial para el cuerpo humano, al ser distribuida es sometida a procesos de tratamiento y desinfección, sin riesgo alguno para la salud, la presencia del agua potable en el mundo está constantemente amenazada por la contaminación del agua, del suelo y del aire, ya que las grandes masas de agua como los mares y océanos no son aptas para el consumo humano, debido a su enorme cantidad de sales disueltas. (Redacción.de, 2018)

B. Importancia del agua

El agua es el compuesto químico más abundante del planeta y resulta indispensable para el desarrollo de la vida. Está formado por un átomo de Oxígeno y dos de Hidrógeno, y su fórmula química es H₂O. El agua pura es un recurso renovable, sin embargo, puede llegar a estar tan contaminada por las actividades humanas, que ya no sea útil, sino nociva, de calidad deficiente. Se considera que el agua está contaminada, cuando ya no puede utilizarse para el uso que se le va a dar, en su estado natural o cuando se ven alteradas sus propiedades físicas, químicas, biológicas, y/o composición.

Es un deber de todos cuidar de este recurso natural, así como crear la conciencia de que el agua es el elemento más importante para la vida. Es de una importancia vital para el ser humano, así como para el resto de los animales y seres vivos que nos acompañan en el planeta Tierra. El agua no solo es importante como recurso vital sino también como recurso económico e industrial, ya que se usa en innumerables actividades industriales. (Agua, 2018)

C. Propiedades físicas del agua

El agua químicamente pura es un líquido inodoro e insípido, incoloro y transparente en capas de poco espesor, toma color azul cuando se mira a través de espesores de seis y ocho metros, porque absorbe las radiaciones rojas. Sus constantes físicas sirven para marcar los puntos de referencia de la escala termométrica Centígrada.

A la presión atmosférica de 760 milímetros el agua hierve a temperatura de 100°C y el punto de ebullición se eleva a 374°C, que es la temperatura crítica a que corresponde la presión de 217,5 atmósferas; en todo caso el calor de vaporización del agua asciende a 539 calorías/gramo a 100°C.

1. Estado físico: sólida, líquida y gaseosa
2. Color: incolora
3. Sabor: insípida
4. Olor: inodoro

5. Densidad: 1 g. /c.c. a 4°C
6. Punto de congelación: 0°C
7. Punto de ebullición: 100°C
8. Presión crítica: 217,5 atm.
9. Temperatura crítica: 374°C (Agua, 2018)

D. Calidad del 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, para lo cual deberá reunir dos características:

1. Estar exenta de sustancias y microorganismos que sean peligrosos para los consumidores.
2. Estar exenta de sustancias que le comuniquen sensaciones sensoriales desagradables para el consumo (color, turbiedad, olor, sabor).

El criterio de potabilidad del agua depende fundamentalmente del uso al que se la destina (humano, industrial, agrícola, etc.)

Agua potable es el agua, ya sea de superficie o subterránea, tratada y el agua no tratada por no estar contaminada. La definición de agua potable se ha ido adaptando al avance del conocimiento científico y a las nuevas técnicas, en especial a las relacionadas con el análisis de contaminantes.

La mala calidad del agua afecta a infinidad de actividades vitales, el agua del grifo no cae simplemente del cielo, hasta llegar a él, es necesario disponer de todo un sistema de abastecimiento en el que juegan un papel fundamental las instalaciones de tratamiento, es decir, recorren un camino lleno de controles, vigilancia, procesos y análisis.

El análisis del agua en su origen nos proporciona los primeros datos respecto a su calidad, orientándonos en la selección de su captación y facilitando el tratamiento que hemos de aplicarle posteriormente.

Un agua potable destinada al consumo humano debe cumplir ante todo con una calidad sanitaria apta, tanto inmediatamente después de su proceso de tratamiento, como presentar una estabilidad biológica en la red de distribución. (Ramirez, 2018)

E. La dureza del agua

Se denomina dureza del agua a la concentración de compuestos minerales que hay en una determinada cantidad de agua, en particular sales de magnesio y calcio. El agua denominada comúnmente como “dura” tiene una elevada concentración de dichas sales y el agua “blanda” las contiene en muy poca cantidad.

La unidad de medida de la dureza que se utiliza más habitualmente son los grados hidrométricos franceses (° H F), con la siguiente ecuación se pueden obtener los resultados.

$$(\text{Mg/l Ca} \times 2.5 + \text{mg/l Mg} \times 4.2) / 10$$

1. ¿Cómo se genera la dureza del agua?

La presencia de sales de magnesio y calcio en el agua depende fundamentalmente de las formaciones geológicas atravesadas por el agua de forma previa a su captación. Las aguas subterráneas que atraviesan acuíferos carbonatados (calizas) son las que presentan mayor dureza y dichos acuíferos están formados por carbonatos de calcio y magnesio.

Las aguas subterráneas procedentes de acuíferos con composición eminentemente silicatada (p.e. granitos) dan lugar a un agua blanda, es decir, con cantidades muy bajas de sales de calcio y magnesio. Un efecto muy visible en aguas de distinta dureza (un agua “dura y un agua “blanda”) es su diferente comportamiento ante la adición de jabón.

En el Cuadro 1 podemos apreciar la calidad del agua, considerando los minerales que se puedan encontrar eso determinara el tipo del agua, ya que el calcio y el magnesio reaccionan con los compuestos que forman el jabón y dejan de ser efectivos, con la consiguiente necesidad de añadir más cantidad de jabón si nos encontramos en este extremo. (Facsá, 2017)

Cuadro No. 1 Clasificación de la dureza del agua

MUY BLANDA	0-7° HF
BLANDA	7-14° HF
SEMI DURA	14-21° HF
BASTANTE DURA	21-32° HF
DURA	32-54° HF
MUY DURA	MAS DE 54°HF

DONDE °HF =GRADOS FRANCESES

(Facsá, 2017)

2 Contaminación del agua

La contaminación del agua es la incorporación al agua de materias extrañas, como microorganismos, productos químicos, residuos industriales y de otros tipos, o aguas residuales. Estas materias deterioran la calidad del agua y la hacen inútil para los usos pretendidos, los principales contaminantes del agua son los siguientes:

- a. Aguas residuales y otros residuos que demandan oxígeno (en su mayor parte materia orgánica, cuya descomposición produce la desoxigenación del agua).
- b. Agentes infecciosos.
- c. Nutrientes vegetales que pueden estimular el crecimiento de las plantas acuáticas, estas a la vez interfieren con los usos a los que se destina el agua y al descomponerse, agotan el oxígeno disuelto y producen olores desagradables.
- d. Productos químicos, incluyendo los pesticidas, diversos productos industriales, las sustancias tensioactivas contenidas en los detergentes y los productos de la descomposición de otros compuestos orgánicos.
- e. Petróleo, especialmente en el procedente de los derrames accidentales.
- f. Minerales inorgánicos y compuestos químicos.
- g. Segmentos formados por partículas del suelo y minerales arrastrados por las tormentas y escurrimientos desde las tierras de cultivo, los suelos sin protección, las explotaciones mineras, las carreteras y los derribos urbanos.

- h. El calor también puede ser considerado un contaminante cuando el vertido del agua empleada para la refrigeración de las fábricas y las centrales energéticas hace subir la temperatura del agua de la que se abastecen.
- i. Los efectos de la contaminación del agua incluyen los que afectan a la salud humana.

La presencia de nitratos en el agua potable puede producir una enfermedad infantil que en ocasiones es mortal. El cadmio presente en el agua que procede de los vertidos industriales, de tuberías galvanizadas deterioradas, o de los fertilizantes derivados del cieno o lodo que puede ser absorbido por las cosechas; de ser ingerido en cantidad suficiente, el metal puede producir un trastorno diarreico agudo, así como lesiones en el hígado y los riñones. Además, la peligrosidad de sustancias inorgánicas, como el mercurio, el arsénico y el plomo, conocidos como metales pesados.

3 Fuentes de contaminación

a. La contaminación urbana:

Está formada por las aguas residuales de los hogares y los establecimientos comerciales. Durante muchos años, el principal objetivo de la eliminación de residuos urbanos fue tan solo reducir su contenido en materias que demandan oxígeno, sólidos en suspensión, compuestos inorgánicos disueltos (en especial compuestos de fósforo y nitrógeno) y bacterias patógenas. En los últimos años se ha hecho hincapié de mejorar los medios de eliminación de los residuos sólidos producidos por los procesos de depuración. Los principales métodos de las aguas residuales urbanas tienen tres fases:

- 1) El tratamiento primario, que incluye la eliminación de arenillas, la filtración, el molido, la floculación (agregación de los sólidos) y de sedimentación.
- 2) El tratamiento secundario, que implica la oxidación de la materia orgánica disuelta por medio de lodo biológicamente activo, que seguidamente es filtrado.
- 3) El tratamiento terciario, en el que se emplean métodos biológicos avanzados para la eliminación del nitrógeno, métodos físicos y químicos, tales como la filtración granular y la absorción por carbono activado. La manipulación y eliminación de los residuos sólidos representa entre el 25 y el 50% del capital y los costes operativos de una planta tratadora.

b. La contaminación industrial:

Las características de las aguas residuales industriales difieren bastante dependiendo del tipo de actividad que cada industria desarrolle. El impacto de los vertidos industriales depende no solo de sus características comunes, como la demanda bioquímica de oxígeno, sino también de su contenido en sustancias orgánicas e inorgánicas específicas. Hay tres opciones (que no son mutuamente excluyentes), para controlar los vertidos industriales.

El control puede tener lugar allí donde se generan dentro de la planta; las aguas pueden tratarse previamente y descargarse en el sistema de tratamiento de aguas urbano o pueden tratarse por completo en la planta y ser reutilizadas o vertidas sin más en corrientes o masas de agua.

c. La contaminación agrícola:

La agricultura, la ganadería (vacuna y porcina principalmente) y las granjas avícolas, son la fuente de muchos contaminantes orgánicos e inorgánicos de las aguas superficiales y subterráneas. Estos contaminantes incluyen tanto sedimentos procedentes de la erosión de las tierras de cultivo como compuestos de fósforo y nitrógeno que, en parte, proceden de los residuos animales y los fertilizantes comerciales. Los residuos animales tienen un alto contenido en nitrógeno, fósforo y materia consumidora de oxígeno y a menudo albergan organismos patógenos. Los residuos de los criaderos industriales se eliminan en tierra por contención, por lo que el principal peligro que representa es la de la filtración y los escurrimientos. Las medidas de control pueden incluir el uso de depósitos de sedimentación para líquidos, el tratamiento biológico limitado en lagunas aeróbicas o anaeróbicas y toda una serie de métodos adicionales.

d. La contaminación del mar:

Los vertidos que llegan directamente al mar contienen sustancias tóxicas que los organismos marinos absorben de forma inmediata. Además, forman importantes depósitos en los ríos que suponen a su vez un desarrollo enorme de nuevos elementos contaminantes y un crecimiento excesivo de organismos indeseables. Estos depósitos proceden de las plantas de tratamiento de aguas, de los residuos de dragados (especialmente en los puertos y esteros). (Cárdenas, 2005, págs. 68,69,70)

4 Color del agua

El color aparente del agua se debe a las partículas en suspensión y disueltas, aunque el verdadero color se debe a las partículas disueltas. Las algas provocan al agua un color verdoso, mientras que la presencia de formas solubles de hierro y manganeso le da un tono de amarillo a pardo. Los desechos de cromato le dan color amarillento. La presencia de color es, por tanto, indicador de calidad deficiente. Toda agua potable debe ser transparente y, por consiguiente, no poseer partículas insolubles en suspensión como limo, arcilla, materia mineral, algas, etc. Las aguas turbias son rechazadas por el consumidor y por tanto, no recomendables para el consumo humano, a pesar de que fuesen potables a nivel químico y microbiológico.

La medida de la turbidez es fundamental para el control de los tratamientos del agua en las plantas potabilizadoras o estaciones de tratamiento de agua potable. Las aguas de pozo o manantial suelen ser transparentes, mientras que las aguas superficiales como ríos o gargantas, suelen ser turbias debido al arrastre de partículas insolubles. Para las aguas turbias, la eficacia de la desinfección mediante cloro es menor que en las transparentes, ya que las partículas en suspensión, inorgánicas y orgánicas del plancton, engloban bacterias y virus que el cloro no puede destruir. (ambientum, 2018)

5 Sabor y olor en el agua

Son dos características que nos definen, con otros parámetros, la calidad estética del agua. Generalmente, se refieren al “olor y sabor del agua”, El sabor y olor en el agua de consumo (junto con la turbidez y el color constituye los parámetros que definen la calidad organoléptica del agua), pueden ser originados por distintas causas que pueden encontrarse ya sean en su origen, en su tratamiento o en la propia red de distribución, generalmente las causas están en el origen. Las aguas superficiales pueden deteriorarse por floraciones de algas o por vertidos de desechos industriales o domésticos, las aguas subterráneas pueden verse afectadas por distintas sustancias disueltas que desde la superficie van penetrando hacia el interior tales como los nitratos, hierro,

manganeso y otras, así como otras de naturaleza orgánica. A título de ejemplo en el Cuadro 2 se muestran algunos de los productos químicos que pueden causar problemas de olor y sabor en el agua. (ambientum, 2018)

Cuadro No. 2 Sabor y olor del agua

Producto químico	Sabor y olor	Origen
/ Geosmina	Olor a hierba y terroso	/ actinomicetos, algas verde-azules y algas verdes.
/ 2-Metilisoborneol (MIB)	/ olor a humedad	/ actinomicetos y algas verde-azules.
2t, 4c, 7c-decatrienal	/ olor a pescado	/ algas azul-verdes.
/Cloro	lejía, a cloro, o el sabor y el olor medicinal	/cloro empleado como desinfectante.
/Cloraminas	/ piscina, cloro, olor o geranio	/cloro y amoníaco empleado como desinfectante.
/ Aldehídos	/ frutado	/ Ozonización del agua para la desinfección.
/Fenoles y clorofenoles	/farmacéuticos o medicinales gusto	/Fenoles (procedentes generalmente de los residuos industriales). Clorofenoles
/Hierro	/sabor metálico oxidado	/ minerales del suelo.
/ Manganeso	/sabor metálico oxidado	/ minerales del suelo.
/ Sulfuro de hidrógeno	/ olor a huevo podrido	ound. / microorganismos anaerobios en las aguas superficiales o sulfatos dell suelo.
/ Gas metano	/sabor a ajo	/ descomposición de materia orgánica.

(ambientum, 2018)

Las técnicas para eliminación de olores y sabores que suelen emplearse son: en primer lugar, un tratamiento con sulfato de cobre en el origen (embalse o lago), con la intención de evitar el desarrollo de algas, es decir, como algicida. El tratamiento con sulfato de cobre se puede considerar limitado a una capa de unos cinco metros desde la superficie, no empleándose dosis mayores de 0.5 ppm, que pueden ser tóxicas para algunos peces, a este respecto sería más apropiado el empleo de compuestos quelatos de cobre.

En las propias estaciones de tratamiento, la técnica que en primer lugar se emplea, se basa en la oxidación de las sustancias odoríferas, siendo el método más frecuentemente empleado la cloración, específicamente la cloración hasta conseguir cloro residual libre (proceso de break-point) en pre-cloración, para conseguir una oxidación completa, ya que algunos compuestos clorados intermedios, pueden causar o intensificar los sabores y olores ya existentes, o modificarlos “sabores medicinales”, al formar compuestos organoclorados, de aquí la necesidad de aumentar la dosis de cloro hasta conseguir el break-point para que desaparezcan en la medida de lo posible estos compuestos inicialmente formados. El propio cloro por sí mismo es a veces el origen de las quejas por olor y sabor del agua tratada por parte de los consumidores. (Rhodes, 2018)

F. El cocotero

Cocos nucifera L., conocida comúnmente como coco, palma de coco y coconut palm, es tal vez uno de los árboles de los trópicos mejor reconocidos y uno de los más importantes económicamente. El coco crece a lo largo de las costas arenosas a través de los trópicos y en la mayoría de las regiones subtropicales. El coco, una palma alta y erecta, usualmente de 10 a 20 m de altura, posee un tronco delgado, ya sea curvo o recto, a menudo ensanchado e inclinado en la base, con una corteza parda o gris ligeramente rajada. El coco se planta extensamente por su fruto y como una planta ornamental y se usa a través de su área de distribución como una fuente de alimento y bebida, aceite, fibra, combustible, madera y otros numerosos productos. Se usa también en el entechado y en otras aplicaciones como material de construcción. (Parrotta, 1993)

1. Usos domésticos del coco

Existen alrededor de 360 usos domésticos de los cuales se pueden mencionar los siguientes:

- a. Madera de coco: Se usa para la construcción de casas, puentes y granjas. La corteza exterior es dura y es muy útil para la fabricación de muebles. Para mejorar su calidad se deja un mes en agua salada.
- b. El palmito: Es la yema terminal del cocotero y se consume crudo o cocido. Contiene 3% de almidón y 5% de azúcar.
- c. Las raíces: Tienen propiedades antidiarreicas.
- d. Las palmas: Son usadas para techos, canastas, sombreros, alfombras, etc.
- e. El agua de coco: Se consume como bebida rehidratante. Ha sido usado como sustituto de sueros, posee un alto valor nutritivo.
- f. La nuez: Es su principal producto. La diversidad de usos es grande dentro de ellos están:
- g. Aceite: Usado en alimentos, cosmetología, combustibles y lubricantes.
- h. Harina de coco: Es un subproducto de la extracción de aceite y se usa como alimento para ganado.

- i. Copra: Es la carne blanca del coco, se usa como materia prima para la extracción de aceite. También tiene otros usos como coco rallado, deshidratado, conservas, y otros.
- j. El hueso o concha: Es el endocarpio que cubre la copra. Se usa como materia prima para producir carbón y carbón activado (usado en filtros de aire), o como combustible para calderas y cocinas, también se usa para fabricar botones, cucharas y adornos.
- k. La estopa o mesocarpio: De ella se extrae fibra para elaborar pitas, alfombras, sacos, etc. El polvo de la estopa se usa para enmendar suelos arenosos, ya que mejora el poder de retención de agua y la textura.

2. Contenido nutricional

El cocotero proporciona varios productos del fruto que son nutritivos para el humano. Sin embargo, por las posibilidades de mercado, en esta guía solo se describen el agua de coco, la copra tierna y madura. En el Cuadro 3 se presenta el contenido nutricional del coco.

Se reporta que el agua de coco tierno, además de ser nutritiva como bebida natural, posee propiedades medicinales. Además, es considerada bacteriológicamente más segura que otras aguas. También se reporta el poder disolvente de los cálculos renales y biliares. Estudios sobre la dulzura del agua de coco realizados en Malasia, entre seis variedades, revelaron el siguiente ranking (de mayor a menor dulzura): Enano Malasino verde > Aromático (Pandan) > Enano Malasino rojo > Enano Malasino amarillo > Alto Malasino > Híbrido MAWA. (Arancon, 1998 En: Cocoinfo International) (Lizano, 2018)

Cuadro No. 3 Contenido nutricional del agua de coco (para 100ml).

Componente	Contenido
Energía	20 Kcal
Proteínas	0.1 gr.
Carbohidratos	5.5 gr.
Lípidos.....	0.05 gr.
Sodio.....	25 mg.
Potasio.....	160 mg.
Cloro.....	20 mg.
Calcio.....	5 gr
Fósforo	0.5 mg
Magnesio.....	0.45 mg

(Fuente: Madi, En: Coconut wáter, EMBRAPA, 1999.)

3. El coco

Coco es un fruto comestible, que se le usa para la cosmética y en repostería, proviene de la palmera cocotera cultivada en todos los países del mundo. Exteriormente tiene una cáscara muy gruesa y fibrosa y otra interior bastante dura, vellosa ambas son de color marrón. Al interior se halla una pulpa blanca y aromática y en la especie de cuenco se forma la comida se halla una especie de agua de coco la misma que es muy exquisita y cotizada. El coco es un fruto bastante aromático y de sabor, considerando sus propiedades nutritivas, su consumo fortuito y en cantidades moderadas, es adecuado para todos los segmentos de la población sana: niños, jóvenes, adultos, deportistas, mujeres embarazadas, madres lactantes y personas mayores. (Figura 1)



(JARAMILLO, 2014)

G. Carbón activo

1. Antecedentes históricos

El uso de los materiales de carbón se pierde la historia, de forma que es prácticamente imposible determinar con exactitud cuando el hombre comenzó a utilizarlos. Lo cierto es que antes del uso de lo que en la actualidad denominamos carbones activos, es decir carbones con una estructura porosa altamente desarrollada, ya se emplearon como adsorbentes el carbón vegetal, o simplemente maderas parcialmente desvolatilizadas o quemadas.

Los primeros usos de estos primitivos carbones activos, generalmente preparados a partir de madera carbonizada (carbón vegetal), parecen haber tenido aplicaciones médicas. Así, en Tebas (Grecia) se halló un papiro que data del año 1550 a.C. en el que se describe el uso de carbón vegetal como adsorbente para determinadas prácticas médicas. Con posterioridad, en el año 400 a.C., Hipócrates recomienda filtrar el agua con carbón vegetal para eliminar malos olores y sabores y para prevenir enfermedades. En relación al tratamiento del agua con carbón activo, se sabe que ya 450 años ac. En los barcos fenicios se almacenaba el agua para beber en barriles con la madera parcialmente carbonizada por su cara interna. Esta práctica se continuó hasta el siglo XVIII como medio para prolongar el suministro de agua en los viajes transoceánicos. Sin embargo, la primera aplicación documentada del uso de carbón activo en fase gas no tiene lugar hasta el año 1793, cuando el Dr. D.M. Kehl utiliza el carbón vegetal para mitigar los olores emanados por la gangrena. El mismo doctor también recomienda filtrar el agua con carbón vegetal.

La primera aplicación industrial del carbón activo tuvo lugar en 1794, en Inglaterra, utilizándose como agente decolorizante en la industria del azúcar. Esta aplicación permaneció en secreto por 18 años hasta que en 1812 apareció la primera patente. En 1854 tiene lugar la primera aplicación a gran escala del carbón activo en fase gas, cuando el alcalde de Londres ordena instalar filtros de carbón vegetal en los sistemas de ventilación de las cloacas.

En 1872 aparecen las primeras máscaras con filtros de carbón activo utilizadas en la industria química para evitar la inhalación de vapores de mercurio. Sin embargo, el término adsorción no fue utilizado hasta 1881 por Kayser para describir como los carbonizados atrapaban los gases. Aproximadamente por estas fechas R. von Ostrejko, considerado el inventor del carbón activo, desarrolla varios métodos para producir carbón activo tal y como se conoce en nuestros días, más allá de simples carbonizados de materiales orgánicos o del carbón vegetal. Así, en 1901 patentó dos métodos diferentes para producir carbón activo. El primero consistía en la carbonización de materiales lignocelulósicos con cloruros de metales; lo cual resultó la base de lo que hoy en día es la activación química.

En el segundo, proponía una gasificación suave de materiales previamente carbonizados con vapor de agua o CO₂; es decir una activación física, o más correctamente térmica.

La Primera Guerra Mundial, y el uso de agentes químicos durante esta contienda, trajo como consecuencia la necesidad urgente de desarrollar filtros de carbón activo para máscaras de gas. Sin duda este acontecimiento fue el punto de partida para el desarrollo de la industria de carbón activo y de un buen número de carbones activos usados no solo en la adsorción de gases tóxicos sino en la potabilización de agua. A partir de este momento tuvo lugar el desarrollo de multitud de carbones activos para las aplicaciones más diversas: depuración de gases y aguas, aplicaciones médicas, soporte de catalizadores, etc. (Carboquímica, 2008)

2. Concepto de carbón

El carbón, de tipo mineral, es una roca sedimentaria originada por la acumulación, enterramiento y transformación con enriquecimiento en carbono de restos de materia vegetal. Las principales acumulaciones proceden del período Carbonífero de la Era Primaria. El carbón es de color pardo a negro, de aspecto mate y a veces brillante, ligero y de escasa dureza. Su composición y propiedades dependen de las condiciones fisicoquímicas en las que se produce la transformación. Los yacimientos de carbón se encuentran muy repartidos en la corteza terrestre a lo ancho de todo el mundo. (Figura 2) (Evangelista, 2007)

Figura No. 2 El carbón



(Evangelista, 2007)

3. Definición de 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”.

Después de la filtración -que tiene por objeto retener sólidos presentes en un fluido-, no existe un sólo proceso de purificación con más aplicaciones que el carbón activado.

Entre ellas están:

- a. **Potabilización de agua** (el carbón retiene plaguicidas, grasas, aceites, detergentes, subproductos de la desinfección, toxinas, compuestos que producen color, compuestos originados por la descomposición de algas y vegetales o por el metabolismo de animales...)
- b. **Deodorización y purificación de aire** (por ejemplo, en respiradores de cartucho, sistemas de recirculación de aire en espacios públicos, venteos de drenajes y plantas de tratamiento de agua, casetas de aplicación de pinturas, espacios que almacenan o aplican solventes orgánicos...)
- c. **Tratamiento de personas con intoxicación aguda** (el carbón activado se considera el “antídoto más universal”, y se aplica en salas de urgencias y hospitales)
- d. **Refinación de azúcar** (el carbón retiene las proteínas que dan color al jugo de caña; el objetivo fundamental de este proceso es evitar que el azúcar fermente y se eche a perder)
- e. **Decoloración de aceites vegetales** (como el de coco), glucosa de maíz y otros líquidos destinados a la alimentación)
- f. **Decoloración y deodorización de bebidas alcohólicas** (como vinos de uva y destilados de cualquier origen)
- g. **Recuperación de oro** (el oro que no se puede separar de los minerales por los procesos de flotación, se disuelve en cianuro de sodio y se adsorbe en carbón activado) (Carbotecnia, 2018)

4. Estructura y propiedades del carbón activado

El carbón activado se puede definir como un material carbonoso poroso que ha sido sometido a reacción con gases, a veces con la adición de productos químicos (por ejemplo, ácido fosfórico, o cloruro de cinc) durante o después de la carbonización, para aumentar la porosidad. La estructura está constituida por un conjunto irregular de capas de carbono, los espacios entre las cuales constituyen la porosidad. Esta ordenación al azar de las capas y el entrecruzamiento entre ellas impiden el reordenamiento de la estructura para dar grafito aun cuando se caliente hasta 3000 °c. Es precisamente esta característica del carbón activado la que más contribuye a su propiedad más importante, la estructura porosa interna altamente desarrollada y al mismo tiempo accesible para los procesos de adsorción.

La superficie específica y las dimensiones de los poros dependen del precursor y de las condiciones de carbonización y activación utilizadas. Los tamaños de los poros van desde los más

pequeños, llamados microporos (hasta 2.0 nm), hasta los mesoporos (de 2.0 a 50 nm) y macroporos (mayores de 50 nm). Hay que tener en cuenta que aunque la mayor parte de la adsorción tiene lugar en los microporos (responsables de más del 90% de la superficie específica), los mesoporos y los macroporos son extraordinariamente importantes en los carbones activados porque son los que facilitan el acceso de las especies que se van a adsorber al interior de la partícula y a los microporos.

Sin embargo, las propiedades adsorbentes de un carbón activado no sólo están definidas por su estructura porosa, sino también por su naturaleza química. El carbón activado presenta en su estructura átomos de carbono con valencia insaturada y además grupos funcionales (principalmente de oxígeno) y componentes inorgánicos responsables de las cenizas, todos ellos con un efecto importante en los procesos de adsorción. Los grupos funcionales de oxígeno hacen que la superficie del carbón se haga químicamente reactiva y esa es la razón por la que afectan las propiedades adsorbentes, especialmente para moléculas de cierto carácter polar. Así, el carbón activado puede ser considerado en principio como hidrófobo por su poca afinidad por el agua, lo que es muy importante en aplicaciones como la adsorción de gases en presencia de humedad, o de especies en disolución acuosa; pero la presencia de grupos funcionales en la superficie del carbón activado hace que puedan interactuar con el agua, haciendo que la superficie sea más hidrófila. (Reinoso, 2018)

5. Materias primas para la elaboración del carbón activado

Para la elaboración de carbón activado se parte de materiales tales como las cortezas de almendros, nogales o palmeras, otras maderas y carbón mineral.

El carbón amorfo susceptible de activación puede ser vegetal o mineral:

- a. Carbones minerales:
Antracitas, Hulla bituminosa, Lignito, Turba
- b. Carbones vegetales:
Madera (Pino, Acacia), Residuos de madera, Cáscara de coco, Bagazo, Huesos de frutas.

Aunque el carbón activo puede fabricarse a partir de un sin número de materiales carbonosos, solamente se utilizan unos cuantos, a nivel comercial debido a su disponibilidad, bajo coste y que los productos obtenidos a partir de ellos tienen las propiedades que cubren toda la gama de aplicaciones que el carbón activo puede tener.

En el siguiente Cuadro 4 se muestran las principales materias primas y tecnologías de activación utilizados en la producción, así como la dureza y el tamaño de poro de los productos obtenidos. (El agua potable)

Cuadro No. 4 Materias primas para activación del carbón activado

MATERIA PRIMA	ACTIVACIÓN	DUREZA O RESISTENCIA A LA ABRASIÓN	TAMAÑO DE POROS
MADERA DE PINO	DESHIDRATACIÓN QUÍMICA ¹	30-50	MACROPOROSO
MADERA DE PINO	TÉRMICA ²	40-60	MESOPOROSO
CARBÓN MINERAL BITUMINOSO	TÉRMICA ²	70-80	MESOPOROSO
CONCHA DE COCO	TÉRMICA ²	90-99	MICROPOROSO

(Carbotecnia, 2018)

6. Uso del carbón activado

a. Potabilización de agua

El primero de los usos del carbón activado es el de la purificación y potabilización del agua, el carbón activado puede retener plaguicidas, grasas, aceites, detergentes, toxinas, compuestos orgánicos producidos por algas y vegetales, desechos animales... Es, en definitiva, un producto que se utiliza en una gran cantidad de industrias y situaciones para hacer que el agua no sea peligrosa para la salud de aquello que la va a consumir (no necesariamente humanos, también animales o plantas).

b. Deodorización y purificación del aire

Por otro lado, el carbón activado también se utiliza para deodorizar (quitar el olor) y purificar el aire, las situaciones en las que se utiliza esta aplicación son de lo más variadas. Por ejemplo, se suele utilizar en respiradores de cartucho, en sistemas de recirculación de aire en los diferentes espacios públicos, en casetas de aplicación de pinturas, espacios de almacenamiento de solventes orgánicos, etc.

c. Tratamiento de intoxicaciones agudas

Otro de los usos que se le da normalmente al carbón activado, es el de tratar las intoxicaciones agudas. De hecho, durante mucho tiempo, se consideró que el carbón activado era el antídoto más universal posible.

Es un producto que se puede encontrar en las salas de urgencias de los hospitales, por ejemplo, y ya desde la antigüedad se utilizaba para sanar a personas que habían consumido algo y no se sabía qué era. (Figura 3)

Figura No. 3 Cápsulas de carbón activado



(Giner, 2017)

7. Refino del azúcar

Durante el refino del azúcar también se emplea el carbón activado, puesto que permite retener las proteínas que dan color al jugo de la caña. El objetivo de este proceso es el de evitar que el azúcar dé inicio a su proceso de fermentación y se eche a perder. Hay otros alimentos en los que el carbón activado se utiliza de forma similar, pero nos centramos en el del azúcar porque es más fácil de comprender para aquellas personas que no están muy familiarizadas con estos procesos de refino.

a. Algunos otros usos

Otro uso habitual del carbón activado es la decoloración de aceites vegetales, como el de coco, la glucosa de maíz y otros líquidos que se van a destinar a la alimentación. También se utiliza para decolorar y deodorizar algunas bebidas alcohólicas, como el vino, pero también la mayor parte de los destilados, independientemente de su origen. (Giner, 2017)

8. Tipos de carbones activados

Los carbones activos pueden clasificarse atendiendo al tamaño de las partículas en carbón activado en polvo (CAP) y carbón activado granular (CAG).

Los CAP presentan tamaños menores de 100 μm , siendo los tamaños típicos entre 15 y 25 μm . Los CAG presentan un tamaño medio de partícula entre 1 y 5 mm. Los CAG pueden dividirse en dos categorías:

- a. carbón activado troceado (o sin forma)
- b. carbón activado conformado (o con una forma específica, cilindros, discos, etc.).

Los carbones activados troceados se obtienen por molienda, tamizado y clasificación de briquetas de carbón o de trozos más grandes.

Los carbones conformados pueden obtenerse por peletización o por extrusión de carbón en polvo mezclado con distintos tipos de aglomerantes. Existen además otras formas de adsorbentes de carbón, como las fibras de carbón activadas, las telas y los fieltros de carbón activado, las estructuras monolíticas, las membranas de carbón, etc. (McGraw-Hil, 1992)

V. METODOLOGÍA

La investigación se inició con la fabricación de un filtro con materiales de fácil acceso y sanitariamente seguros, posteriormente se seleccionaron los puntos donde se realizarían las muestras para determinar las fuentes de contaminación tanto naturales como artificiales, durante la elaboración del filtro se desarrollaron las siguientes etapas:

A. Procedimiento para la elaboración del filtro de carbón activado

La elaboración del filtro tiene un diámetro de 3" y 51 cm de largo, utilizando los siguientes materiales. (Anexo 1)

1. Dos tapones PVC de 3 pulgadas con rosca.
2. Una manguera de 15 cm de largo con rosca para grifo, de ½ pulgada.
3. Un grifo de PVC de ½ pulgada.
4. Utilizar tres envases cilíndricos de PVC de 3 pulgadas para agua potable con la capacidad de 750ml.
5. Colocar el tamiz con espesor grueso, en cada uno de los envases.
6. El filtro consta de tres fases: un acople de arena fina con su respectivo tamiz, un segundo acople con grava de ½cm con su tamiz y un tercer acople que contiene el carbón activado de ½ cm con su tamiz.
7. Colocar agua dentro de la primera fase para iniciar el filtrado, tapar para que no se adhiera alguna sustancia que pueda alterar los resultados.
8. Recibir el agua filtrada en un vaso de precipitado, verificando el tiempo en que tarda el agua en atravesar el filtro.
9. Identificar cada una de las muestras y colocarlas dentro de una hielera a 5°C para posteriormente ser trasladadas al laboratorio para su análisis. (Anexos 3,4,5,6)

B. Limpieza de los envases

1. Enjuagar con agua potable cada uno de los envases de polietileno color blanco con la capacidad de 500 ml y 250 ml. (Anexo 7)
2. Se limpian llenándolos con una solución de ácido nítrico al 10% o una solución 1M de ácido clorhídrico durante 30 minutos.
3. Enjuagar con agua destilada para eliminar los restos de ácido, no debe emplearse detergente ya que puede ser absorbido por las paredes del envase.

C. Elaboración de carbón activado

Los endocarpios de coco se obtuvieron en una vivienda de la localidad, donde fueron recolectados para realizar el siguiente procedimiento:

1. Extraer el endocarpio de coco colocándolo al sol el tiempo necesario para que sequen y pierdan humedad para que posteriormente se puedan carbonizar.
2. En una bandeja colocar los endocarpios descascados.
3. Colocar al fuego los endocarpios desecados hasta su carbonización en un lugar adecuado. (Anexo 10)
4. Cuando estén completamente carbonizados y antes que el fuego los consuma en cenizas, se debe tomar en cuenta el cuidado de rociarles agua destilada para que nos queden las brasas.
5. Esperar que se enfríe en un tiempo determinado de 20 minutos, posteriormente seleccionar los trozos de carbón.
6. Activar el carbón durante una hora, dentro del horno a una temperatura de 250°C. (Anexo 11)
7. Determinar los trozos a utilizar correspondientes al tamaño de granulado adecuado.

D. Toma de muestra

Se utilizó un grifo de la vivienda para el agua potable y un grifo de la vivienda para agua de pozo que no cuenta con agua potable.

Se recolectó una muestra de 750ml de cada uno de los dos puntos seleccionados para cada vivienda, haciendo un total de cuatro muestras, las cuales fueron recolectadas en envases plásticos, blancos con capacidad de 500ml (4 unidades) y 250ml (4 unidades) (Anexo 7) y posteriormente rotulados (Anexos 3,4,5,6) y transportados al laboratorio Ecoquimsa, donde se realizaron los respectivos análisis, la toma de muestras cumple con la norma COGUANOR NTG 29006, agua para consumo humano, recolección, preservación, transporte y almacenamiento de muestras. (ECOQUIMSA, 2019)

De las muestras de 750ml de agua recolectadas se midieron en una probeta de 250 ml de las cuales se depositaron en un vaso de precipitación previamente rotulados (Anexo 8), limpios y secos, siguiendo el siguiente procedimiento.

1. Ubicar el punto donde se captará la muestra.
2. Abrir el grifo seleccionado para dejar fluir libremente el líquido por 1 min. Con el objeto de captar el agua de interés y no aquella que pudiera estar retenida en la tubería.
3. Utilizar guantes de látex y mascarilla simple.
4. Destapar el envase de polietileno sin tocar la boca del mismo ni el interior del tapón.
5. Sujetar con una mano el tapón cuidando de que no toque ninguna superficie.
6. Con la otra mano tomar la muestra de agua llenando completamente el envase.
7. Cerrar de inmediateamente el envase comprobando que se ha realizado correctamente, cerrar el grifo.
8. Trasladar las muestras en una hilera a temperatura de 5°C, se recomienda que la hielera contenga hielo antes de ingresar la primera muestra, para evitar la multiplicación de los microorganismos e invalidan la muestra dado que los resultados no reflejarán la realidad.
9. En el laboratorio se realizan las pruebas de dureza total, determinación de cloro residual y pH.

E. Determinación de cloro residual

Método de análisis: Hipoclorito (Spectroquant® Merck 14826)

Fundamento: El cloro libera yodo a partir de la solución de yoduro de potasio (KI) a pH 8 o inferior el yodo se valora con una solución de Tiosulfato de sodio (Na₂S₂O₃) y almidón como indicador.

Estandarización de la solución Tiosulfato de sodio

1. Disolver 4.9g de dicromato de potasio anhidro en agua destilada y diluir en un litro conservar el frasco protegido de la luz.
2. Añadir a 80ml de agua destilada con agitación constante 1ml de ácido sulfúrico concentrado, 10ml de solución 0.1N de dicromato de potasio y 1g de yoduro de potasio.
3. Dejar reposar la mezcla durante 15 minutos en la oscuridad.
4. Titular con solución de tiosulfato de sodio 0.1N hasta que desaparezca el color amarillento del yodo liberado.
5. Añadir 1ml de solución indicadora de almidón y continuar con la valoración hasta la desaparición total del color azul.
6. Calcular la normalidad (N) de la solución de Tiosulfato de sodio.

$$N \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = \frac{\text{ml de Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \text{ consumidos}}{\text{ml de muestra}}$$

Procedimiento

1. Colocar 50ml de la muestra de agua potable en un Erlenmeyer de 250ml (Anexo 9)
2. Adicionar cantidad suficiente de ácido acético glacial para reducir el pH a un valor comprendido entre LMP 6.5 – 8.5
3. Añadir 1g de yoduro de potasio y homogenizar mediante agitación.
4. Titular con solución de tiosulfato de sodio 0.01N fuera del alcance de la luz solar hasta que casi desaparezca el color amarillento del yodo libre.
5. Agregar 1ml de solución de almidón y valorar hasta la desaparición del color azul.
6. Realizar el análisis utilizando agua destilada.
7. Se determinará el cloro residual total disponible en la muestra de agua potable.

$$\text{MgCl}_2/\text{L} = \frac{(A+B) * N * 35.45}{\text{ml de muestra}}$$

Donde:

A= ml de valorantes gastados para la muestra

B= ml de valorantes gastados para el blanco (positiva o negativa)

N= Normalidad de Na₂S₂O₃

35.45= constante (masa atómica del cloro)

F. Determinación de pH

Método de análisis: Potenciométrico (STM 4500-H+B)

Fundamento: El pH es un parámetro que se utiliza para medir o expresar la acidez y la alcalinidad de un líquido, se define como el exponente positivo de la concentración de los iones del hidrógeno.

Procedimiento

1. Calibrar el equipo con soluciones buffer pH 4,7 y 10 a una temperatura de 25°C teniendo cuidado de lavar y secar el electrodo.
2. Llenar un vaso de precipitado con la muestra de agua hasta la marca de 50ml.
3. Sumergir el electrodo unos 2cm en el vaso y mover suavemente.
4. Esperar a que la lectura del pH se estabilice.
5. Anotar el valor que muestra en pantalla.
6. Lavar el electrodo con agua destilada utilizando un frasco lavador.
7. Secar cuidadosamente con papel absorbente.

G. Determinación de dureza

Método de análisis: Volumétrico (STM 2340 B)

Fundamento: El ácido EDTA (Etilendiaminotetraacético) y sus sales de sodio forman un complejo de quelato soluble al añadirse algunas soluciones de cationes metálicos, si a una solución acuosa que contenga iones, calcio y magnesio a un pH de 10 +/- 0.1 se añade una pequeña cantidad de colorante, como negro de eriocromo T la solución toma un color rojo vino.

Si se añade EDTA como titulante e indicador negro de Eriocromo T, los iones calcio y magnesio formaran un complejo y cuando todos estos iones estén incluidos en dicho complejo, la solución cambiara de rojo vino a azul, señalando este el final de la titulación.

1. Estandarización de EDTA

- a. Colocar 5.0ml de solución de CaCl₂ 0.01N en un Erlenmeyer de 125ml.
- b. Adicionar 5 gotas de solución buffer de pH 10 y 3 gotas de indicador de eriocromo negro T aparecerá un color purpura.
- c. Titular solución EDTA cuya normalidad se desea conocer, hasta la aparición de un color azul.

La normalidad de EDTA

$$V_1N_1 = V_2N_2$$

Despejando

$$N_2 = V_1 * N_1 / V_2$$

Donde:

N₂= Normalidad de EDTA

V₁= ml de solución de CaCl₂

N₁= normalidad de la solución CaCl₂

V₂= ml gastados de EDTA

2. Procedimiento:

- Colocar 5.0ml de la muestra de agua en un Erlenmeyer de 125ml.
- Agregar 5 gotas de buffer pH 10.
- Añadir 3 gotas de indicador negro de eriocromo T.
- Titular la solución EDTA 0.01N previamente estandarizada hasta el cambio de color purpura a azul.
- Se determinará la dureza total del agua.

$$\text{Meg/L Ca}^{+2} \text{ y Mg}^{+2} = \frac{V \times N \times 1000}{\text{ml de muestra}}$$

Donde:

V= ml gastados de EDTA

N= normalidad de EDTA

Para convertir la dureza total expresada como ppm de CaCO₃ se utiliza la ecuación (6)

Mg/L de dureza total = [Meg/L (Ca⁺² y Mg⁺²)] (50)

Donde:

$$50 = \text{Eq CaCO}_3$$

H. Presión de agua

La importancia de la presión del agua en las instalaciones de fontanería es máxima, ya que determina el componente del flujo en la energía que presenta un fluido en movimiento. Una presión demasiado baja puede ocasionar un mal funcionamiento e incomodidad en instalaciones domésticas, mientras que un exceso de presión daña el conjunto de la instalación y puede ocasionar importantes daños en conducciones, válvulas y otros componentes. Uno de los principales perjuicios cuando se supera la presión máxima es la aparición de golpes de ariete originados por el cierre de válvulas y grifos. (Branding, 2019)

El tanque de agua se encuentra ubicado a de 16 m de altura, envía agua a un grifo ubicado en el suelo, la densidad del agua es 1000kg/m³, la aceleración de la gravedad es 9.81m/seg², se determinó la presión del agua a través de la siguiente ecuación.

Datos:

$$P = 1000 \text{ kg/ m}^3$$

$$g = 9.81\text{m/seg}^2$$

$$h = 16 \text{ m}$$

Altura de presión:

$$P = p * g * h$$

$$P = 1000 \text{ kg/ m}^3 * 9.81\text{m/seg}^2 * 16 \text{ m}$$

$$P = 156960 \text{ N/m}^2$$

Conversión de Newton a PSI.

Datos:

$$156960 \text{ N/m}^2$$

$$1 \text{ lb} = 4.448 \text{ N}$$

$$1 \text{ m} = 3.281 \text{ '}$$

$$1 \text{ m} = 39.37 \text{ ''}$$

$$156960 \text{ N/m}^2 = \frac{(156960 / 4.448)}{39.37^2 \text{ lb/ pulg}^2} = 22.77 \text{ lb/ pulg}^2 \Rightarrow 22.77 \text{ PSI}$$

VI. RESULTADOS

A. Elaboración del filtro ecológico de carbón activado

Para la elaboración del filtro ecológico de carbón activado se utilizaron: dos tapones de tres pulgadas con rosca, una manguera de 15cm de largo con rosca para grifo de ½ pulgada, un grifo de PVC de ½ pulgada, tres envases plásticos cilíndricos de uso para agua potable, con una capacidad de 750ml, para la elaboración del filtro a través del diseño. (Anexo 1) El filtro cuenta con 3” de diámetro y 51 cm de largo.

Figura No. 4 Filtro fase terminado



(Hernández, UVG 2019)

El filtro consta de tres fases: un acople de arena fina con su respectivo tamiz, un segundo acople con grava de ½cm con su tamiz y un tercer acople que contiene el carbón activado de ½ cm con su tamiz, siendo esta la última fase de la purificación de agua para el consumo humano (Figura 5).

Figura No. 5 Fases del filtro ecológico



(Hernández, UVG 2019)

Una vez elaborado el filtro de carbón activado, se instaló en un grifo, (Anexo 2) para la toma de las muestras de 250ml de agua potable y de pozo, se esperó el tiempo necesario para que atravesaran el filtro en un tiempo determinado de 12 minutos como se muestra en el Cuadro 5. Se procedió a realizar los análisis de pH, cloro residual y Dureza total. (ECOQUIMSA, 2019)

Figura No. 6 Etapa de filtración



(Hernández, UVG 2019)

Cuadro No. 5 Cantidad de carbón activado para filtrar las muestras

MUESTRA	CANTIDAD DE CARBON ACTIVADO	TIEMPO QUE TARDO EN ATRAVESAR EL FILTRO
AGUA POTABLE	50 gramos	12 minutos
AGUA DE POZO	50 gramos	12 minutos

(Hernández, UVG 2019)

De las muestras que se hicieron pasar por el filtro de carbón activado, utilizando 50 gramos, se observa que el tiempo en que tarda el filtrado de la muestra es el mismo.

B. Porcentaje de rendimiento

Se determinó el porcentaje de rendimiento pesando los endocarpios de coco una vez eliminada la humedad, los endocarpios se carbonizaron y el carbón resultante se utilizó para los respectivos análisis de pH, cloro residual y dureza total, posteriormente se colocó en una bandeja de aluminio dentro del horno a una temperatura de 250°C durante una hora para activarlo, obteniendo un carbón inerte esperando un tiempo 20 minutos para que se enfrié.

Se pesó del carbón activado resultante para determinar el porcentaje de rendimiento.

$\% \text{Rend} = \text{peso final} / \text{inicial} \times 100$

$\% \text{Rend} = 401.2 / 13823 \times 100 = 2.90\% \text{ g}$

Para determinar qué tan efectivo es el porcentaje de rendimiento en la obtención de carbón activado se calculó dividiendo el peso obtenido del producto (carbón activado) entre el peso inicial de los endocarpios secos de coco.

El rendimiento teórico debería de ser 100%, un valor difícil de alcanzar en los análisis experimentales. Rendimientos cercanos al 100% son denominados cuantitativos, los rendimientos sobre el 90% son denominados excelentes, los rendimientos sobre el 80% muy buenos, sobre el 70% son buenos, alrededor de 50% son regulares y debajo de 40% son pobres. (Parrotta, 1993)

En el Cuadro 6 muestra el porcentaje de rendimiento del carbón obtenido de los endocarpios del coco, para determinar el rendimiento obtenido, se realizó la sumatoria de los endocarpios de coco secos antes de ser carbonizados y el total de carbón activado para determinar el porcentaje de rendimiento total, obteniendo como resultado el 2.90% siendo este muy bajo.

Cuadro No. 6 Porcentaje de rendimientos endocarpios secos

PESO ENDOCARPIOS SECOS (g)	CANTIDAD DE CARBON ACTIVADO OBTENIDO (g)	PORCENTAJE DE RENDIMIENTO
5422	182.85	3.37 %
4133	106.64	2.58 %
4268	111.71	2.62 %
TOTALES: 13,823	401.2	2.90%

(Hernández, UVG 2019)

Según los resultados, observamos que el rendimiento que se obtiene al producir carbón activado de endocarpios de coco, es menor al 40%.

C. Análisis obtenidos en los parámetros fisicoquímicos

1. Cloro residual Hipoclorito (Spectroquant® Merck 14826)

- a. Para poder determinar el cloro residual total en las muestras de agua potable. El cuadro (7) nos da a conocer que el muestreo para análisis microbiológico (Anexo 11), cumple con la norma COGUANOR NTG/ISO 19458-Calidad del agua, se utilizó el método Hipoclorito obteniendo los siguientes resultados. (ECOQUIMSA, 2019)

Cuadro No. 7 Informe de resultados de análisis de cloro residual en agua potable

Análisis	Dimensional ⁽¹⁾	Límite de Detección	Resultados	LMA ⁽²⁾	LMP ⁽²⁾	Método de análisis ⁽³⁾
Cloro Residual	mg/L - Cl ₂	0.05	< 0.05	0.5	1.0	Spectroquant® Merck 14826
pH	---	0.01	6.92	7.0 - 7.5	6.5 - 8.5	STM 4500-H ⁺ B
Dureza ⁽⁴⁾	mg/L - CaCO ₃	1.90	4.07	100	500	STM 2340 B

(1) mg/L = ppm

(2) LMA: Límite Máximo Aceptable; LMP: Límite Máximo Permisible (Coguanor NTG 29 001).

(3) STM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 23rd Edition 2017.

(4) Análisis acreditado COGUANOR NTG/ISO/IEC 17025:2005 según OGA-LE-051-13.

(ECOQUIMSA, 2019)

El Cuadro 8 muestra el resultado obtenido del cloro residual, de <0.05 para agua potable antes del filtrado, <0.02 después de filtrado, ambas muestras están dentro de los parámetros del LMP de la norma COGUANOR NTG 29 006 agua para consumo humano. (ECOQUIMSA, 2019)

Cuadro No. 8 Informe de resultados de análisis de cloro residual en agua potable después de filtrado

Análisis	Dimensional ⁽¹⁾	Límite de Detección	Resultados	LMA ⁽²⁾	LMP ⁽²⁾	Método de análisis ⁽³⁾
Cloro Residual	mg/L - Cl ₂	0.05	< 0.02	0.5	1.0	Spectroquant® Merck 14826
pH	---	0.01	< 6.08	7.0 - 7.5	6.5 - 8.5	STM 4500-H ⁺ B
Dureza ⁽⁴⁾	mg/L - CaCO ₃	1.90	3.92	100	500	STM 2340 B

(1) mg/L = ppm

(2) LMA: Límite Máximo Aceptable; LMP: Límite Máximo Permisible (Coguanor NTG 29 001).

(3) STM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 23rd Edition 2017.

(4) Análisis acreditado COGUANOR NTG/ISO/IEC 17025:2005 según OGA-LE-051-13.

(ECOQUIMSA, 2019)

- b. Para poder determinar el cloro residual total en las muestras de agua de pozo. El cuadro (9) nos da a conocer que el muestreo para análisis microbiológico cumple con la norma COGUANOR NTG/ISO 19458-Calidad del agua, se utilizó el método Hipoclorito obteniendo los siguientes resultados. (ECOQUIMSA, 2019)

Cuadro No. 9 Informe de resultados de análisis de cloro residual en agua de pozo

Análisis	Dimensional ⁽¹⁾	Límite de Detección	Resultados	LMA ⁽²⁾	LMP ⁽²⁾	Método de análisis ⁽³⁾
Cloro Residual	mg/L - Cl ₂	0.05	< 0.05	0.5	1.0	Spectroquant® Merck 14826
pH	---	0.01	6.85	7.0 - 7.5	6.5 - 8.5	STM 4500-H ⁺ B
Dureza ⁽⁴⁾	mg/L - CaCO ₃	1.90	29.04	100	500	STM 2340 B

(1) mg/L = ppm

(2) LMA: Límite Máximo Aceptable; LMP: Límite Máximo Permisible (Coguanor NTG 29 001).

(3) STM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 23rd Edition 2017.

(4) Análisis acreditado COGUANOR NTG/ISO/IEC 17025:2005 según OGA-LE-051-13.

(ECOQUIMSA, 2019)

El Cuadro 10 muestra los resultados obtenidos del cloro residual siendo estos: <0.05 para agua de pozo antes del filtrado, <0.01 después de filtrado, ambas muestras están dentro de los parámetros del LMP de la norma COGUANOR NTG 29 006 agua para consumo humano. (ECOQUIMSA, 2019)

Cuadro No. 10 Informe de resultados de análisis de cloro residual en agua de pozo después de filtrado

Análisis	Dimensional ⁽¹⁾	Límite de Detección	Resultados	LMA ⁽²⁾	LMP ⁽²⁾	Método de análisis ⁽³⁾
Cloro Residual	mg/L - Cl ₂	0.05	< 0.01	0.5	1.0	Spectroquant® Merck 14826
pH	---	0.01	< 6.28	7.0 - 7.5	6.5 - 8.5	STM 4500-H ⁺ B
Dureza ⁽⁴⁾	mg/L - CaCO ₃	1.90	5.03	100	500	STM 2340 B

(1) mg/L = ppm

(2) LMA: Límite Máximo Aceptable; LMP: Límite Máximo Permisible (Coguanor NTG 29 001).

(3) STM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 23rd Edition 2017.

(4) Análisis acreditado COGUANOR NTG/ISO/IEC 17025:2005 según OGA-LE-051-13.

(ECOQUIMSA, 2019)

2. Determinación de pH Potenciométrico (STM 4500-H+B)

- a. Se muestran los resultados obtenidos en la determinación del pH mediante el método potenciométrico (Anexo 12), antes de que estas fueran modificadas con Hipoclorito de sodio. El Cuadro 11 nos da a conocer que el muestreo para análisis microbiológico cumple con la norma COGUANOR NTG/ISO 19458-Calidad del agua, el resultado de las muestras se encuentra dentro del LMP de la norma COGUANOR NTG 29 001 agua para consumo humano. (ECOQUIMSA, 2019)

Cuadro No. 11 Informe de resultados de análisis de pH en agua potable

Análisis	Dimensional ⁽¹⁾	Límite de Detección	Resultados	LMA ⁽²⁾	LMP ⁽²⁾	Método de análisis ⁽³⁾
Cloro Residual	mg/L - Cl ₂	0.05	< 0.05	0.5	1.0	Spectroquant® Merck 14826
pH	---	0.01	6.92	7.0 - 7.5	6.5 - 8.5	STM 4500-H ⁺ B
Dureza ⁽⁴⁾	mg/L - CaCO ₃	1.90	4.07	100	500	STM 2340 B

(1) mg/L = ppm

(2) LMA: Límite Máximo Aceptable; LMP: Límite Máximo Permissible (Coguanor NTG 29 001).

(3) STM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 23rd Edition 2017.

(4) Análisis acreditado COGUANOR NTG/ISO/IEC 17025:2005 según OGA-LE-051-13.

(ECOQUIMSA, 2019)

El Cuadro 12 resultado obtenido del pH 6.92 para agua potable antes del filtrado, 6.08 después de filtrado, ambas muestras están dentro de los parámetros del LMP de la norma COGUANOR NTG 29 006 agua para consumo humano. (ECOQUIMSA, 2019)

Cuadro No. 12 Informe de resultados de análisis de pH para agua potable después de filtrado

Análisis	Dimensional ⁽¹⁾	Límite de Detección	Resultados	LMA ⁽²⁾	LMP ⁽²⁾	Método de análisis ⁽³⁾
Cloro Residual	mg/L - Cl ₂	0.05	< 0.02	0.5	1.0	Spectroquant® Merck 14826
pH	---	0.01	< 6.08	7.0 - 7.5	6.5 - 8.5	STM 4500-H ⁺ B
Dureza ⁽⁴⁾	mg/L - CaCO ₃	1.90	3.92	100	500	STM 2340 B

(1) mg/L = ppm

(2) LMA: Límite Máximo Aceptable; LMP: Límite Máximo Permissible (Coguanor NTG 29 001).

(3) STM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 23rd Edition 2017.

(4) Análisis acreditado COGUANOR NTG/ISO/IEC 17025:2005 según OGA-LE-051-13.

(ECOQUIMSA, 2019)

- b. Para poder determinar el cloro residual total en las muestras de agua de pozo, el Cuadro 13 nos da a conocer que el muestreo para análisis microbiológico cumple con la norma COGUANOR NTG/ISO 19458-Calidad del agua, se utilizó el método potenciométrico obteniendo los siguientes resultados. (ECOQUIMSA, 2019)

Cuadro No. 13 Informe de resultados de análisis de pH en agua de pozo

Análisis	Dimensional ⁽¹⁾	Límite de Detección	Resultados	LMA ⁽²⁾	LMP ⁽²⁾	Método de análisis ⁽³⁾
Cloro Residual	mg/L - Cl ₂	0.05	< 0.05	0.5	1.0	Spectroquant® Merck 14826
pH	---	0.01	6.85	7.0 - 7.5	6.5 - 8.5	STM 4500-H ⁺ B
Dureza ⁽⁴⁾	mg/L - CaCO ₃	1.90	29.04	100	500	STM 2340 B

(1) mg/L = ppm

(2) LMA: Límite Máximo Aceptable; LMP: Límite Máximo Permisible (Coguanor NTG 29 001).

(3) STM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 23rd Edition 2017.

(4) Análisis acreditado COGUANOR NTG/ISO/IEC 17025:2005 según OGA-LE-051-13.

(ECOQUIMSA, 2019)

El Cuadro 14 muestra los resultados obtenidos del pH de 6.85 para agua de pozo antes del filtrado, 6.28 después de filtrado, ambas muestras están dentro de los parámetros del LMP de la norma COGUANOR NTG 29 006 agua para consumo humano. (ECOQUIMSA, 2019)

Cuadro No. 14 Informe de resultados de análisis de pH en agua de pozo después de filtrado

Análisis	Dimensional ⁽¹⁾	Límite de Detección	Resultados	LMA ⁽²⁾	LMP ⁽²⁾	Método de análisis ⁽³⁾
Cloro Residual	mg/L - Cl ₂	0.05	< 0.01	0.5	1.0	Spectroquant® Merck 14826
pH	---	0.01	< 6.28	7.0 - 7.5	6.5 - 8.5	STM 4500-H ⁺ B
Dureza ⁽⁴⁾	mg/L - CaCO ₃	1.90	5.03	100	500	STM 2340 B

(1) mg/L = ppm

(2) LMA: Límite Máximo Aceptable; LMP: Límite Máximo Permisible (Coguanor NTG 29 001).

(3) STM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 23rd Edition 2017.

(4) Análisis acreditado COGUANOR NTG/ISO/IEC 17025:2005 según OGA-LE-051-13.

(ECOQUIMSA, 2019)

3. Determinación de dureza volumétrico (STM 2340 B)

- a. El Cuadro 15 se muestran los resultados obtenidos en la determinación de dureza del agua mediante el método volumétrico, utilizando EDTA como titulante y negro de Eriocromo T como indicador (Anexo 10), el muestreo para análisis microbiológico cumple con la norma COGUANOR NTG/ISO 19458-Calidad del agua, los resultados de las muestras se encuentran dentro del LMP de la norma COGUANOR NTG 29 001 agua para consumo humano. (ECOQUIMSA, 2019)

Cuadro No. 15 Informe de resultados de análisis dureza en agua potable

Análisis	Dimensional ⁽¹⁾	Límite de Detección	Resultados	LMA ⁽²⁾	LMP ⁽²⁾	Método de análisis ⁽³⁾
Cloro Residual	mg/L - Cl ₂	0.05	< 0.05	0.5	1.0	Spectroquant® Merck 14826
pH	---	0.01	6.92	7.0 - 7.5	6.5 - 8.5	STM 4500-H ⁺ B
Dureza ⁽⁴⁾	mg/L - CaCO ₃	1.90	4.07	100	500	STM 2340 B

(1) mg/L = ppm

(2) LMA: Límite Máximo Aceptable; LMP: Límite Máximo Permissible (Coguanor NTG 29 001).

(3) STM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 23rd Edition 2017.

(4) Análisis acreditado COGUANOR NTG/ISO/IEC 17025:2005 según OGA-LE-051-13.

(ECOQUIMSA, 2019)

El Cuadro 16 muestra los resultados obtenidos de dureza total del agua antes del filtrado es 4.07 para agua potable y 3.92 después de filtrado, siendo esta un agua muy blanda, como lo muestra el Cuadro 1, ambas muestras están dentro de los parámetros del LMP de la norma COGUANOR NTG 29 006 agua para consumo humano. (ECOQUIMSA, 2019)

Cuadro No. 16 Informe de resultados de análisis dureza para agua potable después de filtrado

Análisis	Dimensional ⁽¹⁾	Límite de Detección	Resultados	LMA ⁽²⁾	LMP ⁽²⁾	Método de análisis ⁽³⁾
Cloro Residual	mg/L - Cl ₂	0.05	< 0.02	0.5	1.0	Spectroquant® Merck 14826
pH	---	0.01	< 6.08	7.0 - 7.5	6.5 - 8.5	STM 4500-H ⁺ B
Dureza ⁽⁴⁾	mg/L - CaCO ₃	1.90	3.92	100	500	STM 2340 B

(1) mg/L = ppm

(2) LMA: Límite Máximo Aceptable; LMP: Límite Máximo Permissible (Coguanor NTG 29 001).

(3) STM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 23rd Edition 2017.

(4) Análisis acreditado COGUANOR NTG/ISO/IEC 17025:2005 según OGA-LE-051-13.

(ECOQUIMSA, 2019)

- b. El Cuadro 17 muestra los resultados obtenidos para poder determinar la dureza del agua de pozo, el muestreo para análisis microbiológico cumple con la norma COGUANOR NTG/ISO 19458-Calidad del agua, se utilizó el método potenciométrico obteniendo los siguientes resultados. (ECOQUIMSA, 2019)

Cuadro No. 17 Informe de resultados de análisis de dureza de agua de pozo

Análisis	Dimensional ⁽¹⁾	Límite de Detección	Resultados	LMA ⁽²⁾	LMP ⁽²⁾	Método de análisis ⁽³⁾
Cloro Residual	mg/L - Cl ₂	0.05	< 0.05	0.5	1.0	Spectroquant® Merck 14826
pH	---	0.01	6.85	7.0 - 7.5	6.5 - 8.5	STM 4500-H ⁺ B
Dureza ⁽⁴⁾	mg/L - CaCO ₃	1.90	29.04	100	500	STM 2340 B

(1) mg/L = ppm

(2) LMA: Límite Máximo Aceptable; LMP: Límite Máximo Permisible (Coguanor NTG 29 001).

(3) STM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 23rd Edition 2017.

(4) Análisis acreditado COGUANOR NTG/ISO/IEC 17025:2005 según OGA-LE-051-13.

(ECOQUIMSA, 2019)

El Cuadro 18 muestra los resultados obtenidos de 29.04 para agua de pozo antes del filtrado, 5.03 después de filtrado, ambas muestras están dentro de los parámetros del LMP de la norma COGUANOR NTG 29 006 agua para consumo humano. (ECOQUIMSA, 2019)

Cuadro No. 18 Informe de resultados de análisis de dureza de agua de pozo después de filtrado

Análisis	Dimensional ⁽¹⁾	Límite de Detección	Resultados	LMA ⁽²⁾	LMP ⁽²⁾	Método de análisis ⁽³⁾
Cloro Residual	mg/L - Cl ₂	0.05	< 0.01	0.5	1.0	Spectroquant® Merck 14826
pH	---	0.01	< 6.28	7.0 - 7.5	6.5 - 8.5	STM 4500-H ⁺ B
Dureza ⁽⁴⁾	mg/L - CaCO ₃	1.90	5.03	100	500	STM 2340 B

(1) mg/L = ppm

(2) LMA: Límite Máximo Aceptable; LMP: Límite Máximo Permisible (Coguanor NTG 29 001).

(3) STM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 23rd Edition 2017.

(4) Análisis acreditado COGUANOR NTG/ISO/IEC 17025:2005 según OGA-LE-051-13.

(ECOQUIMSA, 2019)

Se obtienen los resultados, de los parámetros fisicoquímicos analizados, cumplen con la norma COGUANOR NTG 29 001-Agua para consumo humano, pues se encuentran dentro de los límites permisibles indicados en dicha norma. (ECOQUIMSA, 2019)

La toma de muestra cumple con la norma COGUANOR NTG 29006-Agua para consumo humano, recolección, preservación, transporte y almacenamiento de muestras; y la norma COGUANOR NTG/ISO 19458-calidad del agua, muestreo para el análisis microbiológico. (ECOQUIMSA, 2019)

VII. ANÁLISIS DE RESULTADOS

El resultado obtenido de los endocarpios secos para la elaboración del carbón activado fue muy bajo, obteniendo como porcentaje de rendimiento un 2.90%, al no contar con equipo de carbonización adecuado.

La realización del carbón activado presenta ceniza, incrementado así el aumento de calcio y magnesio permitiendo no tener resultados más precisos en la filtración de las muestras de agua, será de gran utilidad someter el carbón activado a un proceso de purificación para eliminar las cenizas.

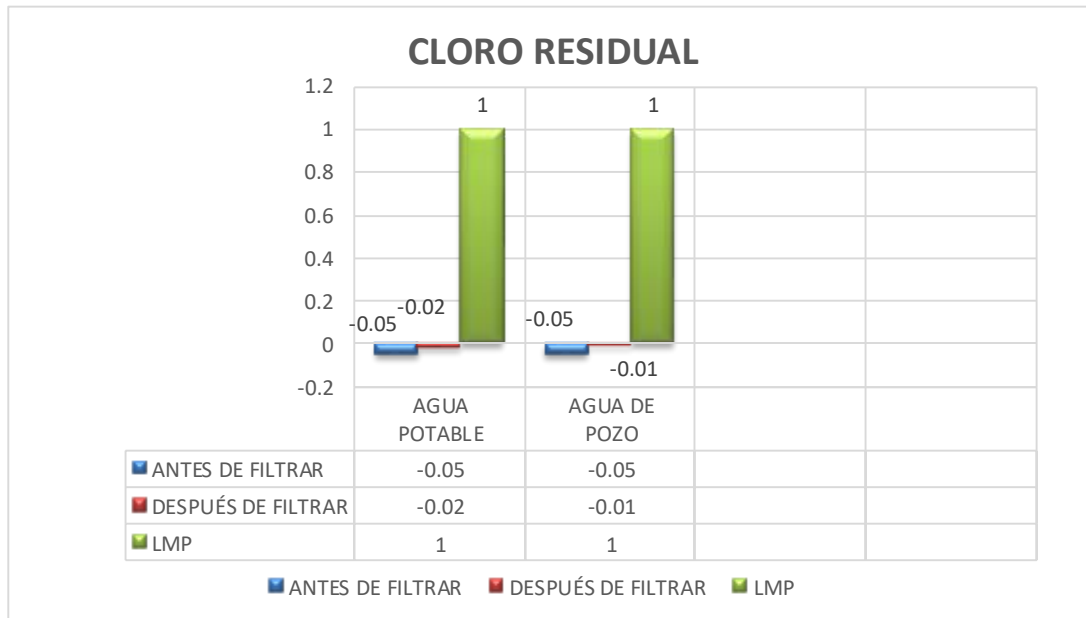
El agua utilizada en las muestras realizadas por el laboratorio Ecoquimsa, presenta trazas de cloro que no pueden ser cuantificadas mediante el método Yodométrico, por ese motivo las muestras de agua fueron modificadas químicamente con Hipoclorito de sodio con la finalidad de evaluar si el filtro elaborado resulta útil en la retención de cloro residual, para ello se adicionaron 10ml de hipoclorito de sodio a las muestras, para realizar esta modificación se realizó el siguiente procedimiento:

1. Destapar los frascos que contienen la muestra de 750ml.
2. Pipetear 10ml de hipoclorito de sodio y adicionarlo en los frascos que contienen las muestras.
3. Tapar el frasco y agitar vigorosamente para homogenizar.
4. Repetir el mismo procedimiento con el resto de las muestras.

Para evaluar la relación del carbón activado, utilizado en el filtro respecto al porcentaje de retención de los componentes analizados en la filtración de agua potable y de pozo se verificó el pH para verificar su variación en su valor observando que las muestras que se realizaron con hipoclorito de sodio disminuye su pH debido a la alcalinidad que proporciona el Hipoclorito de sodio pero no sobrepasaron los límites establecidos por la norma COGUANOR NTG 29006-Agua para consumo humano.

La Figura 5 muestra los resultados obtenidos en la determinación de cloro residual en las muestras de agua potable y de pozo, modificadas químicamente con Hipoclorito de sodio antes y después de ser filtradas, observamos que los filtros de carbón activado resultan de utilidad en la retención de cloro residual, debido a la disminución de la cantidad de este compuesto en las muestras filtradas. En este caso observamos que a mayor cantidad de carbón activado utilizada en el filtro hay mayor retención de cloro residual.

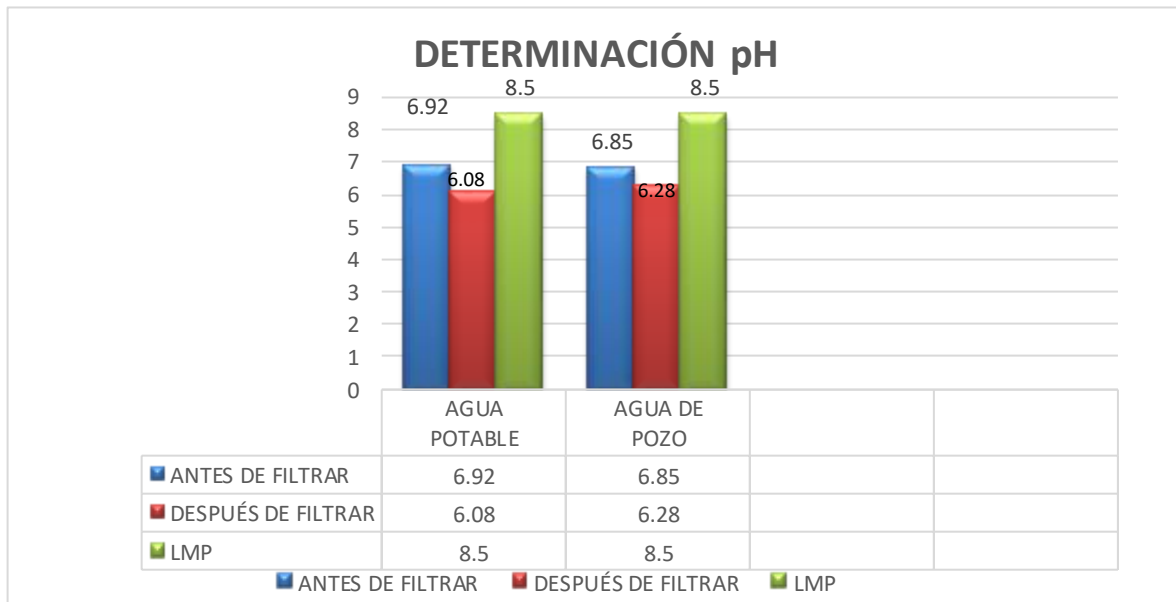
Figura No. 7 Resultados obtenidos de cloro residual en las muestras de agua potable antes y después de ser filtradas



(Hernández, UVG 2019)

La Figura 6 muestra los resultados obtenidos del pH, antes y después de haber sido filtradas las muestras de agua potable y pozo, se observó que disminuye notablemente, no presentando ninguna acidez o alcalinidad de alguna solución de iones de hidrógeno. (ECOQUIMSA, 2019)

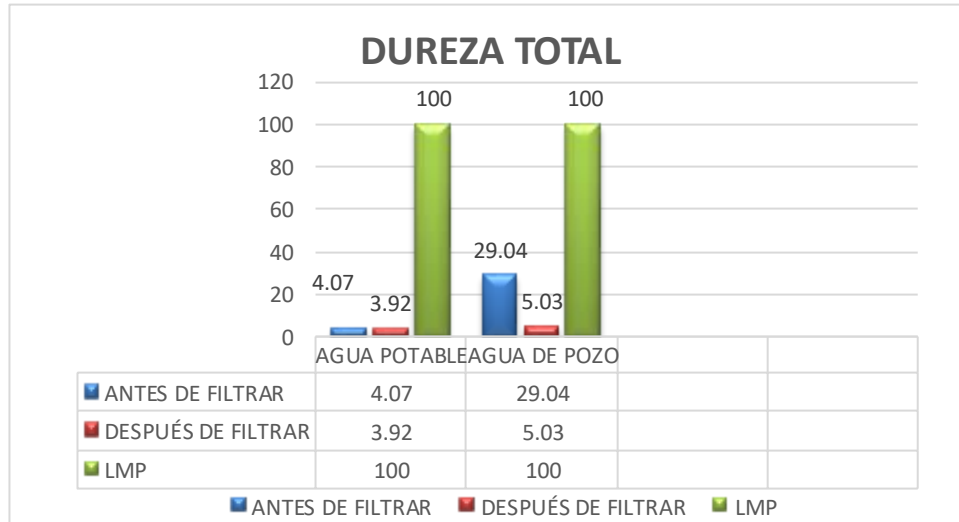
Figura No. 8 Resultados obtenidos de pH en las muestras de agua pozo



(Hernández, UVG 2019)

La Figura 7 muestra los resultados obtenidos de la dureza del agua, antes y después de haber sido filtradas las muestras de agua potable y pozo, se observó es un agua muy blanda, obteniendo los valores CaCO₃ comprendidos entre 3.92 mg/l para agua potable y 5.03 mg/l para agua de pozo, debido a que el filtro de carbón activado retiene calcio, magnesio y cloro que son compuestos que le brindan un pH básico al agua, al quedar retenidos estos compuestos en el filtro. (ECOQUIMSA, 2019)

Figura No. 9 Resultados obtenidos dureza total en las muestras de agua pozo antes y después de ser filtradas



(Hernández, UVG 2019)

VIII. CONCLUSIONES

El porcentaje de rendimiento obtenido en la elaboración de carbón activado es bajo, debido al resultado obtenido fue de 2.90 %, debido a que no se cuenta con el equipo necesario para la carbonización.

La cantidad de cloro residual disminuye después de ser filtrada en el filtro de carbón activado elaborado.

En las muestras realizadas después del filtrado disminuye el pH del agua potable en un 6.08 y para agua de pozo 6.28.

La retención de la dureza se pudo determinar que es un agua muy blanda, obteniendo los valores CaCO_3 comprendidos entre 3.92 mg/l para agua potable y 5.03 mg/l para agua de pozo, debido a que el filtro de carbón activado retiene calcio, magnesio y cloro que son compuestos que le brindan un pH básico al agua.

El carbón al ser activado por medio del proceso físico a altas temperaturas resulta efectivo para la retención de dureza y cloro residual.

La obtención de endocarpios para la elaboración de carbón activo, resulta ser viable debido a que la materia prima es fácil de obtener y no representa mayor gasto siendo este un recurso natural que abunda en el área de la costa sur.

IX. RECOMENDACIONES

Realizar diversas investigaciones para encontrar diversidad de métodos físicos y químicos, para la activación de carbón activado.

Es necesario controlar el grado de carbonización de los endocarpios para que no lleguen a cenizas, el fuego aumenta dependiendo el secado que tengan los endocarpios.

Obtener carbón activado a partir de una materia diferente a los endocarpios de coco, con la finalidad de aprovechar los recursos naturales existentes tales como cascara de naranja, cortezas de árboles, semilla de melocotón entre otros, que puedan ser utilizados para: incrementar el volumen de carbón utilizado para poder elevar su nivel de retención de pH, cloro residual y dureza total.

Someter el carbón a un proceso de purificación para eliminar las cenizas.

Utilizar el filtro ecológico de carbón activado en comunidades donde se cuenta con la mayor dureza de agua.

Cambiar la arena, grava y carbón activado en cada una de las fases del filtro, así como el tamiz para garantizar la calidad del agua, regularmente.

X. BIBLIOGRAFÍA

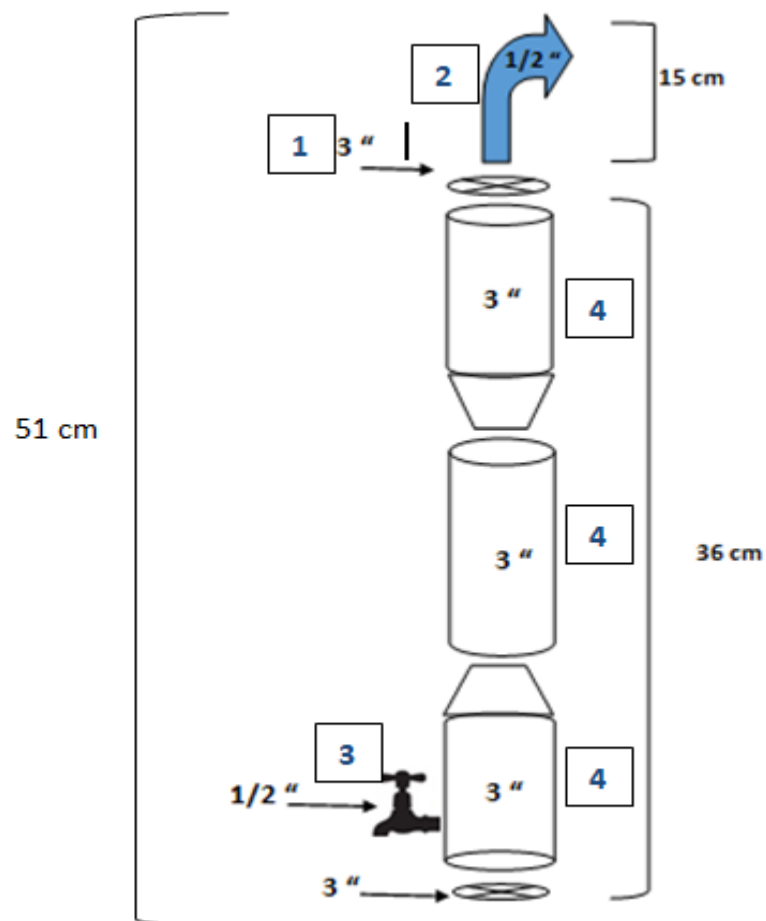
- Agua, I. M. (13 de mayo de 2018). *atl*. Consultado el 12 de octubre de 2018, de http://www.atl.org.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=293:fisica&catid=72:ciencias-naturales&Itemid=480
- ambientum*. (15 de octubre de 2018). Obtenido de https://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/aguas/caracteristicas_fisicas_y_organolepticas.asp Consultado el 10 de Marzo 2019
- Carboquímica*. (15 de febrero de 2008). Consultado el 02 de noviembre de 2018, de carboquímica-carbónactivado: http://carboquimica.blogspot.com/2008/02/historia_15.html
- Carbotecnia*. (18 de octubre de 2018). Obtenido de <https://www.carbotecnia.info/enciclopedia/que-es-el-carbon-activado/>
- Cárdenas, P. d. (2005). *Química 2*. Zapopan, Jalisco México: Umbral. Pag. 256-261
- ECOQUIMSA, L. (2019). *RESULTADO DE ANÁLISIS*. MIXCO, GUATEMALA.
- El agua potable*. (s.f.). Consultado el 17 de octubre de 2018, de Agua pedia: <http://www.elaguapotable.com/Manual%20del%20carb%C3%B3n%20activo.pdf>
- Evangelista, C. M. (2007). *El carbón el recorrido de los minerales*. España: Doménech e-learning multimedia, S.A. Pag. 3
- Facsa*. (23 de enero de 2017). Consultado el 14 de octubre de 2018, de <https://www.facsa.com/ladureza-del-agua/#.UnnDgfmwyeg>
- Giner, G. (03 de marzo de 2017). *Esalud*. Consultado el 20 de 11 de 2018, de <https://www.esalud.com/carbon-activado/>
- Hernández, W. (UVG 2019). *Informe de tesis*.
- JARAMILLO, A. D. (2014). DESARROLLO DE UNA TEXTURA RUSTICA A PARTIR DE LA UTILIZACIÓN DE LAS FIBRAS DEL MESOCARPIO DEL cocos nucifera Y EL ESTUCO PLÁSTICO PARA EL RECUBRIMIENTO DE ACABADOS EN EL ÁREA DE CONSTRUCCIÓN. *Estucoco*, 1. Consultado el 15 de agosto de 2018
- Lizano, I. M. (2018). Guia técnica del cultivo de coco. *Programa nacional de frutas de el salvador*, Pag. 10-12.

- McGraw-Hil. (1992). Carbón Activado. En *Enciclopedia McGraw-Hill de Ciencia y Tecnología* (pág. 375). México: Sybil P. Parker.
- Parrotta, J. A. (1993). Cocos Nucifera L.: Coconut, Coconut Palm, Palma de Coco : Palmae, Palm Family. En J. A. Parrotta, *Cocos Nucifera L.: Coconut, Coconut Palm, Palma de Coco : Palmae, Palm Family* (pág. 7). International Institute of Tropical Forestry, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, 1993.
- Ramirez, F. (05 de febrero de 2018). *El agua potable*. Consultado el 13 de octubre de 2018, de http://www.elaguapotable.com/calidad_del_agua.htm
- Redacción.de, C. E. (febrero de 2018). *Concepto de agua potable*. Consultado el 10 de 10 de 2018, de Concepto.de: <https://concepto.de/agua-potable/#ixzz5VLJIvJLg>
- Reinoso, F. R. (20 de octubre de 2018). *Infab.unsl*. Obtenido de <http://infap.unsl.edu.ar/SAASA2009/plenaria3.html>
- Rhodes, R. G. (17 de 10 de 2018). *El agua potable*. Obtenido de tratamiento de olores y Sabores: http://www.elaguapotable.com/tratamiento_de_olores_y_sabores.htm

XI. ANEXOS

Anexo 1 Diseño para elaboración de filtro

1. Tapón de 3" PVC
2. Manguera de 1/2"
3. Grifo de 1/2"
4. Acoples de 3"



Anexo 2 Instalación del filtro



Anexo 3 Etiqueta para la identificación de agua potable

Determinación de cloro, calcio y magnesio
en agua potable.

Muestra No: _____

Volumen de muestra: _____

Punto de recolección: _____

Fecha de toma de muestra: _____

Hora: _____

Muestreado por: _____

Anexo 4 Etiqueta para identificación de muestra de agua potable después del filtrado

Determinación de cloro, calcio y magnesio en muestra de agua potable filtrada.

Muestra No: _____
Volumen de muestra: _____
Punto de recolección: _____
Fecha de toma de muestra: _____
Hora: _____
Muestreado por: _____
Tiempo en que tardo en atravesar el filtro: _____

Anexo 5 Etiqueta para la identificación de agua de pozo

Determinación de cloro, calcio y magnesio en agua de pozo.

Muestra No: _____
Volumen de muestra: _____
Punto de recolección: _____
Fecha de toma de muestra: _____
Hora: _____
Muestreado por: _____

Anexo 6 Etiqueta para identificación de muestra de agua de pozo después del filtrado

Determinación de cloro, calcio y magnesio en muestra de agua de pozo filtrada.

Muestra No: _____

Volumen de muestra: _____

Punto de recolección: _____

Fecha de toma de muestra: _____

Hora: _____

Muestreado por: _____

Tiempo en que tardo en atravesar el filtro: _____

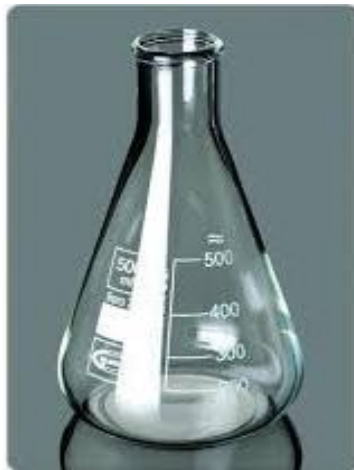
Anexo 7 Envases para muestras



Anexo 8 Vaso de precipitado



Anexo 9 Erlenmeyer



Anexo 10 Endocarpios de coco



Anexo 11 Carbón activado



Anexo 12 Preparación de reactivos para utilizar para medir la dureza del agua

Solución Buffer PH 10

Disolver 6.56 gr. de NH_4Cl y 57 ml de NH_4OH en agua destilada y aforar a 100 ml.

Solución De Eriocromo Negro T

Disolver 0.5 g de Eriocromo negro T y 4.5 gr. de Clorhidrato de Hidroxilamina en 100 ml de etanol.

Solución De EDTA 0.01 N

Disolver 2 gr de EDTA más 0.05 gr de $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ en agua destilada y aforar a 1000 ml.

Solución de CaCl_2 0.01 N

Disolver 0.5 gr de CaCO_3 secado a 110° centígrados durante 2 horas y disolverlo en 10 ml de HCl 3N y aforar a 1000 ml con agua destilada.

(ECOQUIMSA, 2019)

Anexo 13 Preparación de reactivos a utilizar en la determinación de cloro residual

Tiosulfato de Sodio 0.1 N.

Disolver 25 g de tiosulfato de sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$) en agua destilada y completar a volumen en un matraz aforado de 1 L.

Solución indicadora de almidón.

Sobre 2.5 g de almidón añadir un poco de agua destilada fría, triturar hasta obtener una pasta fina. Agregar 500 mL de agua destilada hirviendo, agitar y dejar en reposo durante una noche. Utilizar el sobrenadante transparente.

(ECOQUIMSA, 2019)

Anexo 14 pH metro utilizado en la determinación de pH



XII. GLOSARIO

ACUÍFERO

Es una estructura subterránea que alberga agua. Los acuíferos son reservorios de agua que están ubicados debajo de la superficie terrestre. Estos acuíferos permiten la circulación del agua a través de diversas grietas y de la porosidad de su estructura.

AMORFO

Es una de las estructuras que pueden adoptar los materiales en estado líquido y en estado gaseoso.

CADMIO

Es un elemento químico de número atómico 48 situado en el grupo 12 de la tabla periódica de los elementos. Su símbolo es cd, es un metal pesado, blando, blanco azulado, relativamente poco abundante, es uno de los metales más tóxicos.

COPRA

Es la pulpa seca del coco y su nombre se deriva de una palabra en tamil: koppera, que significa 'coco seco'.

EMBALSE

Es denomina embalse a la acumulación de agua producida por una construcción en el lecho de un río o arroyo que cierra parcial o totalmente su cauce.

ENDOCARPIO

Capa interna de las tres que forman el pericarpio de los frutos, que puede ser de consistencia leñosa, como el hueso del melocotón.

FLOCULACIÓN

Es un proceso químico mediante el cual, con la adición de sustancias denominadas floculantes, se aglutinan las sustancias coloidales presentes en el agua, facilitando de esta forma su decantación y posterior filtrado.

HIDRÓFOBO

En el contexto fisicoquímico, el término hidrófobo se aplica a aquellas sustancias que son repelidas por el agua o que no se pueden mezclar con ella.

LIGNOCELULÓSICOS

Se refiere a la materia seca vegetal (biomasa), llamada biomasa lignocelulósica, es la materia prima más abundante disponible en la tierra para la producción de biocombustibles, principalmente bioetanol.

MESOCARPIO

Capa intermedia de las tres que forman el pericarpio de los frutos, como la parte carnosa del durazno o melocotón.

NITRATOS

Los nitratos son compuestos químicos inorgánicos derivados del nitrógeno, (NO_3^-) que se encuentran de manera natural en pequeñas concentraciones en el suelo, los alimentos y las aguas superficiales y subterráneas.

ORGANOLÉPTICA

[Propiedad de un cuerpo] que se percibe con los sentidos (untuosidad, aspereza, sabor, brillo, etc.), a diferencia de las propiedades químicas, microscópicas, etc.

PATÓGENO

También llamado agente biológico patógeno, es un microorganismo capaz de producir enfermedad o daño a la biología de un huésped, sea animal o vegetal.

PELETIZACIÓN

La peletización es el proceso de comprimir o moldear un material en la forma de una bolita, se granula una amplia gama de diferentes materiales, incluidos productos químicos, mineral de hierro, piensos compuestos para animales, plásticos y más.

SILICATADA

Son el grupo de minerales de mayor abundancia, pues constituyen el 95 % de la corteza terrestre, además del grupo de más importancia geológica por ser petrogénicos, es decir, los minerales que forman las rocas. Todos los silicatos están compuestos por silicio y oxígeno.

TENSIOACTIVAS

Los tensoactivos o tensioactivos son sustancias que influyen por medio de la tensión superficial en la superficie de contacto entre dos fases, el término surfactante es un anglicismo, tomado de la palabra surfactant, que a su vez es un término que proviene de "surface active agent".

TIBULACIÓN

La valoración o titulación es un método de análisis químico cuantitativo en el laboratorio que se utiliza para determinar la concentración desconocida de un reactivo a partir de un reactivo con concentración conocida.